

MEMORIAS



XXIV SEMANA DEL IICO **TREINTA AÑOS** de la **INGENIERÍA FÍSICA** **en la UASLP**

del **18 al 24 de mayo** de 2024

- | Conferencias
- | Talleres
- | Mesas redondas



INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA
DR. GUSTAVO DEL CASTILLO Y GAMA

Presentación

Este documento presenta las memorias del premio de Instrumentación y Electrónica “*Gustavo del Castillo y Gama*” en su versión 2024. Este evento es una tradición dentro de la semana del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO) de la UASLP. En esta ocasión el concurso tuvo la variante de que la mayoría de los participantes fueron alumnos de la carrera de Ingeniería Física, ya que el tema de la semana del IICO fueron los 30 años de esta carrera. Este evento ha sido diseñado para promover el interés y la creatividad en el campo de la Instrumentación y Electrónica entre los estudiantes, fomentar la creatividad y el pensamiento crítico entre los participantes, proporcionar un espacio para la exposición de los proyectos, promover el trabajo en equipo y sobre todo evaluar y premiar el talento y dedicación de los alumnos.

En esta ocasión, debido a la conmemoración de los 30 años de la carrera y a el día de los museos, el concurso se realizó en las instalaciones del Museo Laberinto de las Ciencias y las Artes, donde se contó con la participación de 14 equipos quienes presentaron sus proyectos ante un jurado compuesto por expertos en el campo de la electrónica e instrumentación. Las categorías de los proyectos incluyeron, automatización y control, robótica, instrumentación óptica, sistemas embebidos, inteligencia artificial entre otros. Cada equipo tuvo la oportunidad de exponer su proyecto y responder a preguntas del jurado, quien evaluó cada propuesta según criterios específicos como la originalidad, la funcionalidad y la presentación. Un aspecto importante de este evento fue la difusión al público en general, a través de los proyectos, de los trabajos de docencia, investigación y desarrollo tecnológico que se llevan a cabo en el IICO. El evento fue un éxito y se contó con una muy buena asistencia de los visitantes del museo.

Agradecemos a todos los participantes, jueces y colaboradores que hicieron posible este evento. Este concurso no solo fue una plataforma para exhibir talento, sino también un espacio para aprender, colaborar e innovar. A través de este evento, hemos fortalecido nuestra comunidad y promovido el desarrollo de habilidades que son esenciales en el mundo actual. Muchas gracias nuevamente.

Comité organizador

San Luis Potosí, S.L.P. mayo 2024

Rector

Dr. Alejandro Javier Zermeño Guerra

Secretario General

M. en D. Federico Arturo Garza Herrera

Directora

Dra. Marisol Reyes Reyes

Comité organizador del concurso

Dr. Osvaldo Del Pozo Zamudio

Debani Judith González Covarrubias

Dr. Miguel Ángel Lastras Montaña

Dr. Luís Felipe Lastras Martínez

Ana María Loredó Sánchez

Dra. Marcela Mejía Carlos

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Ing. Francisco Ramírez Jacobo

Abril Ramírez Pérez

Dra. Marisol Reyes Reyes

Dra. Amparo Rodríguez Cobos

Jurado

Dr. Juan Manuel Fortuna Cervantes

Dra. Elvia Ruth Palacios Hernandez

Dr. José Daniel Sanchez Vasquez

Edición de memorias

Dra. Marcela Mejía Carlos

Dr. Luis Felipe Lastras Martínez

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Índice	Pág.
1 Sistema de aprendizaje de lengua de señas mexicana asistido por visión y robótica A.C. Ramos Espinosa, X.A. Rosales Picazzo, O. Núñez Olvera, F. Sánchez Niño	1
2 Medición del ritmo cardíaco y la saturación de oxígeno (SpO2) en la sangre mediante la elaboración de un Pulso-Oxímetro Roberto Gómez, Ivan Nieto, Armando Pamplona	7
3 Máquina expendedora haciendo uso de una base de datos y el modulo vision development De León Garay Oscar Antonio, Brandon Alfonso Aguilera Salinas	10
4 Monitoreo de Co2, temperatura, humedad con ESP32 y pantalla OLED Edna G. Briones Andrade, Francisco Sánchez Niño, Oscar F. Núñez Olvera	12
5 Clasificador de Números manuscritos con módulo VISION en LabVIEW y Aprendizaje Automático K. A. Aguilar Ávila, C. S. Jiménez Gaytan	18
6 Diseño de un circuito de acondicionamiento analógico de señales con aplicación en amplificadores lock-in Esdras Terranova Azuara Juárez	21
7 Diseño de un sistema de medición de la dispersión dinámica de luz, para estimar tamaños de partículas J.E. Vega Mata, J. Ortega Gallegos	24

8	Control de computadora vía visión artificial con labview J.D. Amaya-Ramírez, V. Manuel-Ramírez, y M. Mejía Carlos	26
9	Elaboración de una maquina enigma Luis David Alonso López	31
10	Modelo de clasificación de objetos mediante una CNN y su implementación en LabView O. Padilla Ruiz, C. de J. Olvera Rodriguez	33
11	Implementación de un ecualizador con amplificadores operacionales Y.G. Galaviz-Martínez, U. Patena-Hernández y R. de J. Sanchez-Rodriguez	36
12	Reloj Digital Astronómico Roberto Gómez, Ivan Nieto, Gerardo Aguilera	40
13	Diseño e implementación de un rotor para polarizador óptico José Francisco Hernández Martínez, Abril Ramírez Pérez, Miguel Angel Lastras, Luis Felipe Lastras, Lucy Estafania Tapia	42
14	Detección de objetos y encriptación mediante herramientas de visión y redes neuronales López Soler R., Flores Amaro A. A.	46

Sistema de aprendizaje de lengua de señas mexicana asistido por visión y robótica

A.C. Ramos Espinosa ¹, X.A. Rosales Picazzo ¹, O. Núñez Olvera ¹, F. Sánchez Niño ¹

¹*Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, San Luis Potosí S.L.P., México
Avenida Karakorum 1470, Lomas 4ta sección, 78210.*

Resumen—Con el propósito de fomentar la educación inclusiva, la aplicación de este sistema robótico está enfocado en un proyecto didáctico, mediante el cual el usuario pueda aprender las vocales en un ambiente interactivo con un enfoque innovador al combinar herramientas tecnológicas y la expresividad de la LSM. Utilizando tecnología de control por visión de colores, el sistema detecta y representa la seña de cada vocal en una mano robótica, creando un ambiente intuitivo e interactivo de aprendizaje, así como impulsando el interés por la robótica y las diversas formas de comunicación dentro de la sociedad. El sistema de visión para el reconocimiento de colores se programó en LabVIEW usando el módulo de desarrollo NI Vision y se comunica a través de USB con el microcontrolador PIC18F4553 para el control de la mano robótica.

Índice de términos— mano robótica, sistema de control por visión, lengua de señas mexicana.

I. INTRODUCTION

La visión artificial emplea algoritmos y tecnologías para que las máquinas interpreten imágenes o videos, siendo vital en múltiples industrias. El uso de un sistema sensorial de visión externo para realizar alguna tarea por parte de un sistema automatizado, se llama genéricamente Control Visual. LabVIEW es una herramienta común para proyectos de visión artificial, ya que es un entorno de programación gráfica intuitivo que facilita el diseño de algoritmos y sistemas de procesamiento de imágenes.

“Los sistemas de control por visión se centran en la deducción automática de las estructuras y propiedades de un mundo tridimensional, generalmente dinámico, ya sea a partir de una o varias imágenes bidimensionales de ese mundo; lo cual incluye no solo propiedades geométricas (forma, tamaño y localización de objetos), sino también materiales (color, iluminación y textura)” [1].

El presente trabajo propone una implementación de control visual para dar a una mano robótica la capacidad de interpretar las vocales en Lengua de Señas Mexicana (LSM) con el fin de fomentar su aprendizaje dentro de la comunidad, siendo este un proyecto didáctico e intuitivo para el usuario. El control visual del sistema robótico se desarrollará mediante el reconocimiento

de colores asociados a letras que la mano tiene programadas para ejecutar como respuesta al usuario.

II. DESARROLLO

El proyecto consiste en crear un sistema interactivo que permita a los usuarios aprender las vocales en LSM de forma intuitiva y participativa. Utilizando tecnología de control por visión de colores, el sistema detectará y representará los gestos de la mano que representa cada vocal, brindando retroalimentación visual que facilita el proceso de aprendizaje. El sistema robótico se conecta a una tarjeta de desarrollo basada en el microcontrolador PIC18F4553 I/P, desarrollada como interfaz para controlar y comunicarse con la mano robótica.

El control por visión fue desarrollado en LabVIEW, utilizando la herramienta NI Vision Development Module, este sistema permite el reconocimiento de cinco colores: rojo, amarillo, verde, blanco y azul. Al detectar uno de estos colores, el sistema de visión envía un comando, representado por una letra, a la tarjeta con el microcontrolador para ejecutar el movimiento programado. En los apartados posteriores se describirán los elementos que conforman el sistema robótico, en la figura 1 se presenta un diagrama a bloques de los elementos del sistema implementado.

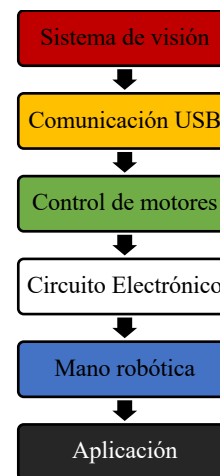


Figura 1. Diagrama a bloques de los elementos del sistema robótico

En la interfaz de control, la comunicación entre el microcontrolador y LabVIEW se realiza mediante USB, con las herramientas VISA de LabVIEW. Estas herramientas facilitan la interacción entre dispositivos y sistemas a través de interfaces de hardware. Cuando el sistema detecta un valor dentro del histograma del espectro de un color en la ROI, se manda un comando en forma de *string* (asociado a las vocales) al USB conectado al microcontrolador, que a su vez responde ejecutando la rutina correspondiente a la vocal en la mano robótica.

En la interfaz de monitoreo, representada en la figura 2, el usuario puede ver lo que captura la cámara en tiempo real, dentro de esta área de proyección está el recuadro que delimita el ROI, el usuario debe ajustar que la tarjeta de color que muestra a la cámara quede dentro de este recuadro para asegurar que el sistema de visión detecta el color. Al momento de detectar un color, se visualiza en la pantalla qué vocal se activó y un led digital se enciende al detectar el color, simultáneamente la mano robótica realiza el movimiento respectivo.



Figura 2. Interfaz de monitoreo con la que el usuario interactúa con el sistema robótico implementada en LabVIEW.

A. Comunicación USB

Para el envío de datos del sistema de visión hacia la tarjeta de control se utiliza el puerto de comunicación USB en modo bulk, es decir, lo que se conoce como USB desencadenado o de alta velocidad con la capacidad de transmitir información de en el orden de los microsegundos. El microcontrolador PIC18F4553 contiene en su interior un periférico USB de alta velocidad con capacidad para operar a 48MHz, lo que permite que el sistema de visión y la tarjeta de control respondan casi en tiempo real.

En la tabla 1 se muestran los comandos que se envían, según el color asociado a cada vocal por el puerto USB.

Tabla 1. Comandos enviados mediante USB al detectar un color.

Color	Comando
Rojo	A
Amarillo	E
Verde	I
Blanco	O
Azul	U

Para facilitar la conexión del cable USB a la tarjeta de desarrollo, se diseñó y fabricó una tarjeta, representada en la Figura 3, la cual alberga un conector hembra USB tipo B, con una configuración más accesible para las pruebas y desarrollo del presente proyecto. En la figura 4 se muestra la configuración que tiene el cable USB en sus terminales, este cable consta de 4 pines importantes: VCC (5V), tierra, Data + y Data -.

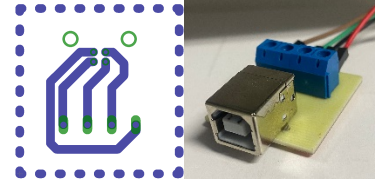


Figura 3. Tarjeta PCB desarrollada para la conexión USB-PIC.

La conexión USB – PIC se estableció conectando las líneas de datos del USB, D+ y D-, en los pines correspondientes en el microcontrolador. Para la D+ el pin 24, correspondiente al pin 5 del PUERTO C; y para D- el pin 23, correspondiente al pin 4 del PUERTO C. La alimentación (VCC) que proporciona el USB a la tarjeta de desarrollo, se utilizó para la configuración y primeros retos a resolver del uso y control de los servomotores. La disposición de los pines se muestra en la Figura 4.

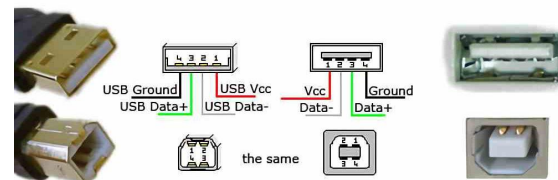


Figura 4. Diagrama de pines del USB tipo B.

B. Control de motores

Los dedos de la mano robótica se mueven con servomotores conectados a las falanges mediante hilos tensores. Para su control se utilizó el microcontrolador PIC18F4553, que mediante señales de PWM de baja frecuencia y rutinas programadas en PICC y escritas mediante PickIt3, se puede hacer la señal correspondiente a cada vocal.

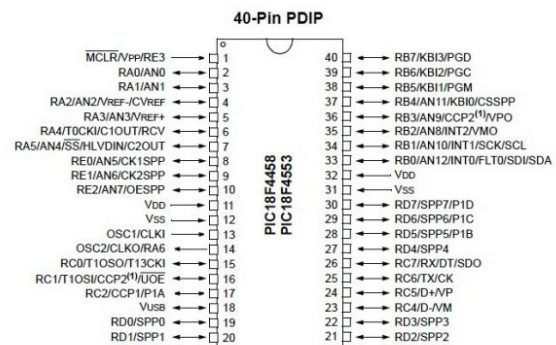


Figura 5. Diagrama de pines del microcontrolador PIC18F4553 I/P.

Inicialmente, en el puerto A del microcontrolador de la Figura 5, se definieron tres salidas para la señal de PWM

destinadas a los tres servomotores y en el puerto B cinco salidas para cinco LEDs que se activan con su vocal correspondiente. Dado que el microcontrolador opera a una frecuencia de 48MHz, se optó por no utilizar sus módulos CCPX, los cuales pueden generar señales de PWM. Esto se debe a que los servomotores operan a una frecuencia baja, lo que llevó a la decisión de implementar rutinas que aprovechan los temporizadores internos del microcontrolador para simular señales de PWM de baja frecuencia.

Estas rutinas están diseñadas para generar una señal cuadrada de 40Hz mediante un contador que permite modular el ancho de pulso de la señal cuadrada. Esto se logra de manera que el ciclo de trabajo oscile entre 1 y 2 ms, lo que corresponde al rango necesario para que un servomotor se mueva de 0 a 180 grados. Como el microcontrolador solo tiene tres temporizadores de 16 bits, hay limitaciones en el movimiento de la mano robótica al emplear solo la mitad de sus servomotores.

Dentro del ciclo principal de trabajo en el programa del microcontrolador, se lee el comando adquirido por LabView en forma de *string* para cada vocal, donde según sea el caso, se ejecuta la rutina correspondiente a cada una con una estructura *switch case*. Para cada cambio, se flexiona o extiende cada falange realizando en conjunto su respectiva seña y se prende el LED conectado a la vocal según sea necesario, como se muestra en la Tabla 2.

Cada servomotor está programado con un ángulo mínimo y máximo de movimiento según sea la necesidad de flexión y extensión de cada falange. Su posición inicial es la flexión de cada uno, es decir, el ángulo máximo de movimiento del servomotor. Se optó por utilizar un servomotor para el meñique, el segundo para el dedo índice y medio juntos y el tercero para el pulgar. Ya que el dedo anular conserva su posición en todas las señas de las vocales, no fue necesario conectarlo al sistema de control.

Tabla 2. Movimiento de los dedos de la mano robótica según el comando adquirido.

Comando	Movimiento	
	Flexión	Extensión
A	Dedos índice, medio, anular y meñique	Dedo pulgar
E	Todos los dedos	NA
I	Dedos índice, medio y pulgar	Dedos anular y meñique
O	Todos los dedos hasta un cierto grado	NA
U	Dedos anular, meñique y pulgar	Dedos índice y medio

C. Circuito Eléctrico

En el diseño electrónico, se conectó la comunicación USB por medio de los pines del microcontrolador correspondientes a la transferencia de datos y el voltaje de salida del USB a los pines de alimentación del microcontrolador, como se especifica en el apartado *Comunicación USB*.

Las salidas PWM para los servomotores se declararon en el puerto A, en los pines 2, 3 y 4, es decir, A0, A1 y A2, respectivamente. En A0 se encuentra la salida para el dedo meñique, en A1 para los dedos índice y medio y en A2 para el pulgar. Como se mencionó anteriormente, el dedo anular se mantiene siempre en su posición inicial y no fue necesario conectarlo a una salida. Los dedos meñique, índice y medio se alimentan de una batería recargable de 9V por medio de optoacopladores 4N25 para aislarlos y eliminar el ruido que pueden provocar, ya que sus servomotores presentaron problemas en las pruebas e interferían uno con el otro. Se colocaron en la siguiente disposición, según la figura 7: el pin 1 del optoacoplador se conecta a través de una resistencia de 220ohms a la salida PWM del microcontrolador, el pin 2 a la tierra del microcontrolador, el pin 4 (emisor) actúa como nueva salida y va conectado al control del servomotor a través de una resistencia de 1Kohm conectada al voltaje negativo de la batería y el pin 5 (colector) está conectado al voltaje positivo de la batería. El dedo pulgar se alimenta del voltaje del USB.

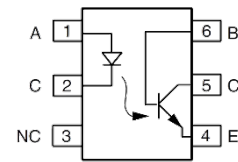


Figura 7. Disposición del optoacoplador.

Asimismo, en el puerto B del pin 33 al 37, es decir, de B0 a B4, se declararon salidas para los LEDs que se activan según el comando activado.

D. Mano robótica

La mano robótica que da ejecución a este proyecto es un mecanismo diseñado con anterioridad a la aplicación del presente, nuestro sistema robótico la adaptó a las necesidades que requería satisfacer.

La mano robótica fue fabricada mediante impresión 3D en material termoplástico PLA, el cual es un termoplástico sostenible debido a su origen natural y renovable [2]. Las piezas que la conforman son 5 dedos, palma, antebrazo con cara anterior descubierta. En cada dedo, entre las falanges hay una cavidad que representa las articulaciones y mediante hilos tensores, que figuran como los tendones flexores. Los movimientos que la mano es capaz de realizar se enlistan a continuación:

- Flexión y extensión individual de los dedos pulgar, anular y meñique.
- Flexión y extensión conjunta de los dedos índice y medio
- Oposición del pulgar
- Rotación del antebrazo

Cada dedo genera su movilidad, flexión y extensión, mediante servomotores MG995. Estos servomotores son ideales para proyectos de bajo torque y poco peso, pueden rotar de 0° hasta 180°, su voltaje de operación va desde los 4.8 a 7.2 VDC, en funcionamiento sin carga una corriente de 0.1 a 0.3 A, en la Figura 8 se muestra el servomotor utilizado. [3]



Figura 8. Servomotor utilizado para generar el movimiento en los dedos de la mano robótica.

Las dimensiones de la extremidad son 50cm de altura general, desde el final del antebrazo a la punta del dedo índice; 15 cm para la mano, desde la muñeca hasta la punta del dedo índice; 18 cm en diagonal desde el dedo meñique al dedo pulgar. En la Figura 9 se muestra gráficamente la mano robótica.



Figura 9. Mano robótica utilizada en el proyecto.

E. Aplicación

Una de las comunidades que, históricamente, ha vivido la desatención educativa, ha sido la población sorda adulta en México, la cual enfrenta diversos rezagos, muchos de ellos propiciados por la invisibilización o desuso de la Lengua de Señas Mexicana. Las fallas, en este sentido, están asociadas a la carencia de prácticas educativas pertinentes. [3]

Queriendo contribuir a la enseñanza de la LSM en la sociedad, la aplicación de este sistema robótico está enfocado en un proyecto didáctico, mediante el cual el usuario pueda aprender las vocales en un ambiente interactivo con un enfoque innovador al combinar herramientas tecnológicas y la expresividad de la LSM.

Nuestro proceso de aprendizaje de LSM facilita al usuario una experiencia dinámica e inmersiva, en el diagrama de la Figura 10 se muestra el proceso en cómo el usuario interactúa con el sistema robótico.

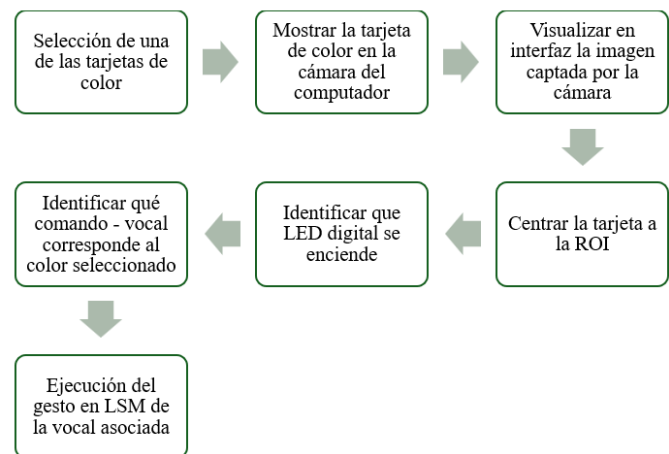


Figura 10. Diagrama a bloques de la interacción del usuario con el sistema robótico.

III. RESULTADOS

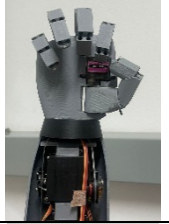
En las pruebas de funcionamiento, se comprobó que la comunicación USB entre la interfaz de control (LabView) y el circuito electrónico opera correctamente. Asimismo, los servomotores responden al comando y realizan el movimiento correspondiente. Sin embargo, la detección de colores presenta una falla cuando hay cambios de iluminación abruptos, principalmente en los colores verde y blanco. Otro inconveniente se presentó en la extensión del dedo índice y medio debido al diseño de la mano robótica, ya que el hilo tensor de su servomotor se desviaba del riel al extenderse,

impidiendo que los dedos llegaran a la posición deseada. El mismo problema se presentó en el dedo pulgar. Para solucionar la problemática de los hilos tensores, se ataron los hilos en ambos extremos del riel para mejorar su estabilidad.

A pesar de las limitantes previamente descritas, el sistema de visión responde a lo que el usuario indica con las tarjetas de color respectivas a cada vocal.

En la Tabla 3 se muestran las imágenes de cómo se comporta la mano robótica según el comando que se active, así como su comparación con el lenguaje de señas.

Tabla 3. Resultados del movimiento de la mano robótica.

COLOR	COMANDO	LENGUAJE DE SEÑAS		MANO ROBÓTICA	
Rojo	A				
Amarillo	E				
Verde	I				
Blanco	O				
Azul	U				

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema didáctico para el aprendizaje de las vocales en lengua de señas mexicana mediante control de visión de colores representa un enfoque innovador en la educación inclusiva. Al combinar tecnología de reconocimiento de colores con la riqueza y expresividad de la lengua de señas, se busca proporcionar una herramienta accesible y efectiva para usuarios de todas las edades y niveles de habilidad.

El proyecto se centra en la creación de un sistema interactivo que permita a los usuarios aprender las vocales en lengua de señas mexicana de manera intuitiva y participativa. Utilizando tecnología de control de visión de colores, el sistema detectará y reconocerá los gestos de las manos que representan cada vocal, brindando retroalimentación visual en tiempo real para facilitar el proceso de aprendizaje.

La integración de tecnología de visión por colores en el desarrollo de un sistema didáctico para la enseñanza de las vocales en lengua de señas mexicana promete revolucionar la forma en que se aborda la educación inclusiva. Este enfoque combina la precisión de los sistemas de detección de colores con la expresividad y complejidad de la lengua de señas, creando así una experiencia de aprendizaje inmersiva y accesible para todos los usuarios.

REFERENCIAS

- [1] G. E. Flores, Q. J. C. Quezada, G. A. E. Solís y S. E. Peña, «Detección y Seguimiento Visual mediante LabVIEW para el Posicionamiento de un Brazo Robot de tipo Manipulador,» *BOLETÍN CIENTÍFICO InvESTigium de La Escuela Superior de Tizayuca*, vol. 2, n° 4, 2017.
- [2] IMPRESION A3D, «Guía Completa Filamento PLA: Todo Lo Que Necesitas,» [En línea]. Available: <https://impresiona3d.net/guia-completa-filamento-pla-todo-lo-que-necesitas/>.
- [3] S. Y. Gonzalez, B. C. B. Serrato y N. F. Sánchez, *Interfaz de Control de un Brazo Robótico*, 2022.
- [4] Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, «Aborda Conahcyt problemáticas de población sorda adulta para alcanzar la inclusión educativa,» 2024. [En línea]. Available: <https://conahcyt.mx/aborda-conahcyt-problematicas-de-poblacion-sorda-adulta-para-alcanzar-la-inclusion-educativa/>.

Medición del ritmo cardíaco y la saturación de oxígeno (SpO₂) en la sangre mediante la elaboración de un Pulso-Oxímetro

Roberto Gómez, Ivan Nieto y Armando Pamplona,
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica.

Resumen— El pulso-oxímetro es un dispositivo que mide la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en la sangre mediante luz roja e infrarroja transmitida a través del cuerpo humano y detectada por un fotodetector. Se utilizaron LEDs rojos e infrarrojos y varios amplificadores, entre ellos de transimpedancia y no inversores, además de filtros para la obtención de la señal.

I. INTRODUCCIÓN

Un pulso-oxímetro es un dispositivo optoelectrónico que permite realizar la medición de la frecuencia cardíaca y de la saturación de oxígeno (SpO₂) en la sangre, incidiendo un LED sobre ciertas regiones del cuerpo, como el dedo o la oreja, se genera una señal, de la cual la componente AC se debe únicamente a las arterias, mientras que el DC se debe al resto del tejido presente. Una vez que se conoce la señal, es posible determinar el pulso, que corresponde a la frecuencia de la señal obtenida; y la saturación de oxígeno, si se conoce la amplitud de la parte AC y el valor del DC (u “offset”).

II. PRINCIPIOS DE MEDICIÓN

Un pulsioxímetro emite luz de dos longitudes de onda a través del tejido, y mide la luz transmitida o reflejada. Se basa en:

1. La absorbancia debido a la hemoglobina oxigenada y desoxigenada a longitudes de onda de rojo e infrarrojo, son distintas. De modo que, los coeficientes de extinción son independientes uno del otro. Se asume que sólo la hemoglobina oxigenada y desoxigenada están presentes en la sangre.
2. La naturaleza pulsátil de la sangre arterial permite identificar los efectos de la sangre arterial de aquellos no pulsátiles como la sangre venosa o algún otro tejido. Al usar un cociente de ambos efectos a diferentes longitudes de onda es posible obtener la saturación de oxígeno sin requerir calibración con respecto a la absorción de tejidos en general.

3. Con adecuada iluminación, dispersión en la sangre y otros tejidos iluminarán suficiente sangre arterial. El efecto de dispersión hace necesario una calibración empírica del pulso-oxímetro.

A. Ley de Beer-Lambert

La intensidad I de la luz viajando por el medio decrece exponencialmente con la distancia:

$$I(d) = I_0 e^{-\varepsilon(\lambda)cd}$$

donde $\varepsilon(\lambda)$ es el coeficiente de extinción o de absorbancia de la sustancia absorbente a una longitud de onda específica; c es la concentración de la sustancia que es constante en el medio, d la longitud de camino óptico a través del medio e I_0 es la intensidad de la luz incidente. La concentración c es medida en mmol L⁻¹ y el coeficiente de extinción está expresado en L mmol⁻¹ cm⁻¹.

B. Coeficientes de extinción de hemoglobina y saturación de oxígeno

Los coeficientes de absorbancia para HbO₂ y Hb son [1]:

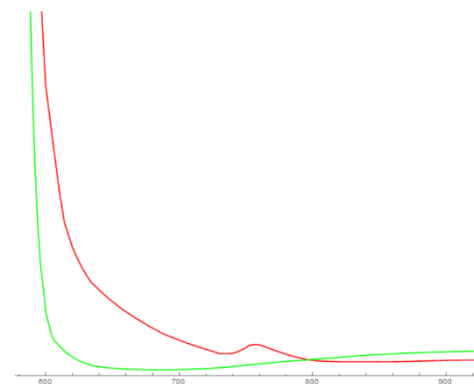


Figura 1. Espectro de coeficientes de extinción para Hb y HbO₂.

La saturación funcional de oxígeno (SO_2 o SpO_2) está determinada por la cantidad de hemoglobina oxigenada comparada con la suma de hemoglobina oxigenada y reducida. Usando las concentraciones de cada sustancia:

$$SO_2 = \frac{c_{HbO_2}}{c_{HbO_2} + c_{Hb}} 100\%$$

C. Cálculo de SpO_2

La luz viajando a través del tejido biológico es absorbida por diferentes sustancias. Los principales absorbentes en las regiones de interés (dedo o lóbulo de la oreja) son la pigmentación de la piel, hueso y la sangre arterial y venosa.

Las arterias contienen más sangre durante el sístole que durante el diástole y por tanto, su diámetro incrementa gracias a una mayor presión sanguínea.

La absorbancia de luz incrementa durante el sístole, principalmente por una mayor cantidad de sustancias absorbentes presentes (hemoglobina), gracias a que la longitud de camino óptico d incrementa en las arterias. Esta parte alternante de la absorbancia total nos permite diferenciar entre la absorbancia debido a sangre venosa, una cantidad constante de sangre arterial y otros componentes no pulsátiles como piel o hueso (componente DC de la absorbancia total) y la absorbancia debido a la componente pulsátil de la sangre arterial (componente AC).

La intensidad de la luz llegando al fotodetector es una función del diámetro d de las arterias. Durante un ciclo cardíaco este diámetro cambia de d_{min} a d_{max} .

Así, se puede expresar la intensidad de luz total transmitida como:

$$I_{\square} = I_H e^{-[\epsilon_{Hb}(\lambda)c_{Hb} + \epsilon_{HbO_2}(\lambda)c_{HbO_2}]\Delta d_{\square}}$$

dónde I_H es la intensidad transmitida en la diástole.

Al derivar la expresión anterior y en base a la intensidad transmitida de una fuente de luz que es absorbida por la hemoglobina oxigenada (rojo) y otra fuente con una longitud de onda que es absorbida por la hemoglobina desoxigenada (infrarrojo), podemos obtener una razón entre el AC y DC de la primera fuente con el de la segunda.

$$R = \frac{\frac{AC_R}{DC_R}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}}$$

Finalmente, con el “radio de radios”, se logra calcular una expresión teórica para la estimación de la saturación de oxígeno en la sangre:

$$SO_2 = \frac{\epsilon_{Hb}(\lambda_R) - \epsilon_{Hb}(\lambda_{IR})R}{\epsilon_{Hb}(\lambda_R) - \epsilon_{HbO_2}(\lambda_R) + R[\epsilon_{HbO_2}(\lambda_{IR}) - \epsilon_{Hb}(\lambda_{IR})]}$$

III. DISEÑO DEL PULSO-OXÍMETRO

A. Circuito de transimpedancia

El circuito de transimpedancia consiste en que la luz que recibe la transforma en corriente, lo cual es deseable, por que lo que se busca es detectar las señales de intensidades para los dos diodos emisores, analizarlas y procesarlas.

B. Filtros pasa bajas y altas

Desafortunadamente las señales no son puras, vienen acompañadas de todo tipo de ruido externo, incluso de DC, factores que afectan el análisis de las señales de interés.

Para deshacerse de estos inconvenientes es muy útil recurrir a filtros de señales, para esta situación los mejores son los pasa bajas y pasa altas. Los pasa bajas se encargan de eliminar ruido o señales externas que puedan entorpecer las mediciones, mientras que el pasa altas se encarga de eliminar cualquier DC extra que llegue a adquirir las señales.

C. Software arduino y python

Para el ámbito de extracción y análisis de datos se usaron dos softwares, arduino y python.

El primero se encarga de recopilar la información que le llega al microcontrolador de arduino, promediar los datos (medida extra para filtrar señales no deseadas). Mientras el programa hecho en python se encarga de recopilar los datos arrojados por el serial monitor de arduino, con la finalidad de recopilar una amplia ventana, obtener la FFT de todo el conjunto, identificar el AC y DC de ambas señales, para finalmente obtener las pulsaciones por minuto y saturación de oxígeno de un individuo.

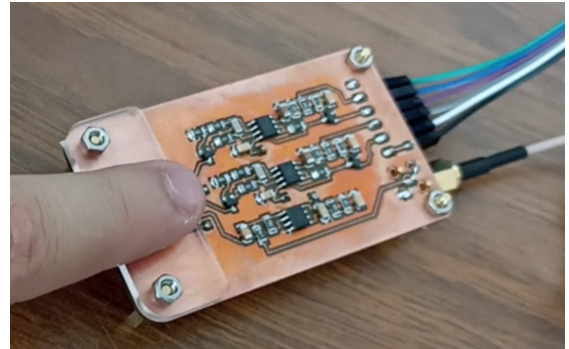


Figura 2. PCB del pulsioxímetro con el amplificador de transimpedancia y LEDs.

IV. CONCLUSIONES

Se presentó la realización de un pulso-oxímetro, sus fundamentos teóricos, que son la base del funcionamiento de este dispositivo y su diseño de hardware y software requerido para recuperar la intensidad transmitida de los LEDs rojo e infrarrojo, cuya información es utilizada para el cálculo de la saturación de oxígeno.

REFERENCIAS

- [1] Prahl. S. 1998. Tabulated molar extinction coefficient for hemoglobin in water. Portland: Oregon Medical Laser Center.

Máquina expendedora haciendo uso de una base de datos y el modulo vision development

De León Garay Oscar Antonio, Brandon Alfonso Aguilera Salinas

Resumen— Para la elaboración de este proyecto haciendo uso de los conocimientos obtenidos a lo largo del semestre se tuvo la idea de realizar una máquina expendedora parecida a la ya antes elaborada pero ahora haciéndola un poco más compleja al implementar una base de datos y el módulo visión development, esto para llevarla a la vida real y haciéndola funcional, primero analizamos la lógica que esto conllevaba e imaginarla operando, entonces se empezó con la creación de la base de datos y el código haciendo uso de la herramienta LabView, también añadiremos motores de pasos, y para esto utilizamos el proyecto de motor de pasos antes elaborado en clase, se pensó la forma de introducir más motores a pasos en un mismo código, para esto lo que se hizo fue crear más motores asignándole diferentes pines, y con ayuda de un Case Structure dentro de un While Loop con Shift Register, se escogió un caso para cada motor dependiendo de como una persona interactuaba con la interfaz del programa, a cada motor se le asignó un tiempo y velocidad distinta de acuerdo al voltaje que recibía cada motor, para la detección del dinero se utilizó modulo visión development, que detectará la divisa de cada billete y será almacenado el dato en un string, después se convierte a número y se comparará con el precio de cada uno de los productos elegidos, para dar la feria, todos estos datos como el precio de los productos, la disponibilidad que hay, y la implementación de un carrito donde podrás comprar más cosas hasta un máximo de seis productos, después se llevó a cabo la elaboración de una maqueta teniendo como material la madera y se le hicieron los ajustes necesarios para que encajen bien cada una de las piezas que esto llevaba.

Índice de términos— Motor a Pasos, Tarjeta DAQ, Base de datos, Modulo Vision Development

I. OBJETIVO

En esta práctica se llevará a cabo la realización de un código en LabView dónde elaboraremos una máquina expendedora implementando base de datos, modulo visión development, y 3 motores de pasos, estos últimos servirán para hacer girar los engranes que estarán unidos a estos, dependiendo de cuál artículo se seleccione en el programa y si éste está disponible, y servirán para hacer caer los objetos que están dentro de los espirales, tal como en la máquina expendedora, también se realizará una maqueta en la que las personas podrán interactuar y detectar el efectivo con una cámara.

II. INTRODUCCIÓN

En base a los programas elaborados durante el curso de Instrumentación Virtual e instrumentación virtual 2, y a los conocimientos obtenidos se llevó a cabo la elaboración de una máquina expendedora, para empezar, ¿Cómo funciona una máquina expendedora? En resumidas cuentas, el sistema consiste en enviar una orden al motor que corresponde para activar la selección del producto escogido. El producto elegido se mueve a través de unas espirales de metal que giran mediante un motor hasta llegar al borde del estante y así, liberar el producto [1].

Sabiendo esto, se empezó la elaboración de un código con base a varios trabajos anteriores, implementando una base de datos para el funcionamiento en general del programa, y la cámara que funciona con modulo vision development, para la detección del efectivo, añadiendo también un código para hacer funcionar unos motores de pasos, una vez realizado el código con sus condiciones específicas y tomando en cuenta las complicaciones para cada uno de los motores, se inició la realización de la maqueta que fue hecha a base de madera, se tomaron medidas y se unieron con pequeños clavos, finalmente se hicieron orificios en la parte trasera de la máquina para colocar ahí los motores a pasos y unirlos a los espirales.

III. DETALLES EXPERIMENTALES

Los materiales y programas utilizados en esta práctica fueron los siguientes:

- LabView
- Mysql
- Modulo visión development
- Cámara
- Efectivo
- Tarjeta DAQ
- Consolas
- Fuentes de voltaje
- Motor a pasos
- Jumpers
- Tablas
- Seguenta para madera

14 de mayo del 2024

De León Garay Oscar Antonio, estudia en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP, Av Karakorum 1470, Lomas 4ta Secc, 78210 San Luis Potosí, S.L.P. (A303812@alumnos.uaslp.mx)

Brandon Alfonso Aguilera Salinas, estudia en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP, Av Karakorum 1470, Lomas 4ta Secc, 78210 San Luis Potosí, S.L.P. (A306206@alumnos.uaslp.mx)

Para empezar, se comenzó por realizar una base de datos en Mysql Workbench con los parámetros que serán utilizados, y con ayuda de LabView se creó lo necesario para que la base de datos sea controlada desde LabView, para que sea más dinámica con la gente que estará interactuando con esta, finalmente se agregan los motores a pasos asignándoles sus respectivos pines, después en el diagrama de bloques se agregó el primer motor dentro de un While Loop que nos sirvió para que corra de forma continua, posterior a eso se introdujeron sus condiciones y se agregó un tiempo a cada motor para que haga su ciclo

Una vez realizado el código se procedió al montaje de los materiales, se comenzó por tomar las medidas correspondientes en las tablas y posteriormente se cortaron y unieron los pedazos para tener hecha la base de la máquina expendedora, se hicieron los orificios en la parte trasera de la base con ayuda de un taladro que es donde se colocaron los motores y se pegaron con cinta, después se conectaron los motores a las consolas con ayuda de unos Jumpers, y esta a su vez a la tarjeta DAQ en los pines correspondientes a cada motor, del otro lado de la maqueta se colocaron en cada uno de estos una espiral que giraron tal como una máquina expendedora real y dentro de esta se colocaron los productos.

IV. CONCLUSIONES

Logramos crear un código y una base de datos funcional para una máquina expendedora utilizando tres motores a pasos cada uno con sus respectivas especificaciones y montarlo en una maqueta que fue elaborada por nosotros desde cero, en el camino tuvimos muchas complicaciones, como la computadora que utilizábamos daba errores por culpa de los pines de XAMPP, por lo que tuvimos que cambiar de computadora, también cuando teníamos casi todo el código se nos borró el programa por trabajar sin guardar los avances y al apagarse la computadora por falta de batería todo se perdió, por lo que tuvimos que iniciar de nuevo.

REFERENCIAS

- [1] <https://www.cafegra.com/es/como-funcionan-las-maquinas-vending/#:~:text=El%20sistema%20consiste%20en%20enviar,la%20selecci%C3%B3n%20del%20producto%20escogido.&text=El%20producto%20elegido%20se%20mueve,y%20as%C3%AD%20C%20liberar%20el%20producto>
- [2] https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_expendedora#:~:text=La%20m%C3%A1quina%20expendedora%20m%C3%A1quina%20dispensadora,dependiente%20para%20cobrar%20los%20art%C3%ADculos
- [3] <https://www.tinervending.com/service/que-es-una-maquina-expendedora/>

Monitoreo de Co2, temperatura, humedad con ESP32 y pantalla OLED

Edna G. Briones Andrade¹, Francisco Sánchez Niño¹, Oscar F. Núñez Olvera¹

¹IICO – UASLP, Av. Karakorum 1470 Lomas 4^a, San Luis Potosí S.L.P, México

Resumen—Se presenta el diseño de una interfaz de monitoreo de temperatura, humedad y partes por millón de la concentración de dióxido de carbono, Co2, utilizando un procesador de doble núcleo, el ESP32, que puede ser utilizado en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) así como en el diseño e implementación de sistemas embebidos. Los valores monitoreados por el ESP32 son mostrados en una pantalla de Diodo Orgánico de Emisión de Luz (OLED) de 128x64 pixeles, en donde el usuario puede observar el valor de las variables monitoreadas por el sistema implementado. Aunado a esto los valores de las variables medidas son enviados a través de una red inalámbrica WiFi hacia un servidor Modbus TCP/IP, que transmite el valor de los datos hacia un panel frontal implementado en LabVIEW. Los valores que son mostrados en los indicadores del panel de monitoreo implementado en LabVIEW también se envían hacia una página web, esto con el propósito de que cualquier persona pueda acceder a los datos de medición desde cualquier ubicación y cualquier plataforma.

Índice de términos—ESP32, OLED, WiFi, Modbus TCP/IP, IoT.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías que está emergiendo con una gran cantidad de aplicaciones, en rubros tan diversos como lo es la industria, comercio, ambiente, academia, negocios, investigación entre otros, es la tecnología conocida como internet de las cosas (IoT). El internet de las cosas es una tecnología de comunicación y transferencia de datos de forma inalámbrica, que utiliza como medio de transporte de la información redes inalámbricas de radio frecuencia [1]. Es una tecnología de redes móviles que permite que diversos componentes electrónicos se conecten entre sí, permitiendo que el flujo de información sea dinámico y fluido, comúnmente estos componentes electrónicos se conectan a redes WiFi (fidelidad inalámbrica) para el envío de la información.

La tecnología IoT permite conectar una gran variedad de componentes a una red WiFi y poderlos controlar o monitorear desde cualquier ubicación, desde un motor, ventilador, cerradura electrónica, lámpara hasta toda una red industrial SCADA (supervisión, control y adquisición de datos) que controla todo un proceso de manufactura [2]. Las redes de control y monitoreo IoT además permiten a los usuarios acceder al control de los componentes electrónicos desde cualquier tipo

de plataforma, una computadora, laptop, celular, tableta, o cualquier herramienta que pueda conectarse a una red WiFi, en la figura 1 se muestra un ejemplo de conexión de componentes a una red WiFi.



Figura 1. En la actualidad la tecnología IoT permite conectar diversos componentes electrónicos a una red WiFi para su control y monitoreo.

Un protocolo de comunicación se define como un conjunto de normas que van a permitir que dos identidades que se encuentren en un mismo sistema puedan establecer una comunicación entre sí, con el fin de transmitir información por medio de diversas variables. En el mercado existen una gran variedad de protocolos de comunicación que se pueden utilizar para el envío de la información a través de una red IoT, algunos de ellos son los siguientes:

- Modbus RTU
- EtherNet/IP
- Ethernet TCP/IP
- Profibus
- Profinet
- Modbus TCP/IP

En el presente trabajo se presenta una aplicación de tecnología IoT que monitorea la calidad del aire en los Laboratorios de Energía Solar y Proyectos Tecnológicos del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO), la red IoT monitorea la concentración de dióxido de carbono (Co2) presente en los laboratorios antes mencionados, así como la temperatura y humedad que estos mantienen en su interior. Esta

aplicación puede utilizarse para el monitoreo en invernaderos para garantizar las condiciones óptimas para la planta y el uso adecuado de recursos naturales y económicos que garanticen una buena producción, también se puede implementar en aplicaciones biológicas como el monitoreo de condiciones para crecimiento de células, virus o bacterias, así como también el uso en casa, escuelas, hospitales, oficinas, etc., donde se quiera realizar el monitoreo de la calidad del aire ya que este indicador está estrechamente relacionado con contagios de enfermedades respiratorias como el Covid-19, se ha demostrado que en interiores mal ventilados son entornos con mayor peligro porque las partículas con virus se quedan suspendidas hasta que alguien las respira [3].

En el sistema implementado lleva acabo la transmisión de la información por medio de la red WiFi donde se utiliza el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, a continuación, serán descritas las diversas etapas que conforman a la aplicación IoT implementada.

II. DESARROLLO

El sistema que se implementó consiste en una aplicación de internet de las cosas que mide de manera continua la temperatura, humedad y concentración de Co2 en los laboratorios de Proyectos Tecnológicos y Energía Solar del IICO. La aplicación desarrollada está conformada por los siguientes elementos, que serán descritos a continuación:

- Sensores de monitoreo de las variables a medir
- Controlador ESP32
- Pantalla OLED
- Modbus TCP/IP
- Servidor OPC de National Instruments
- Panel de monitoreo implementado en LabVIEW
- Aplicación desarrollada en Ubidots

A. Sensores de monitoreo de las variables a medir

Para medir la temperatura y la humedad en el interior de los laboratorios, se utilizó el sensor DTH11, un sensor digital de bajo costo y de fácil conexión hacia diversos dispositivos como lo son los microcontroladores [4]. Contiene un sensor capacitivo para medir la humedad relativa presente en el ambiente, así como un termistor para medir la temperatura, en la figura 2 se muestra la imagen de este sensor.

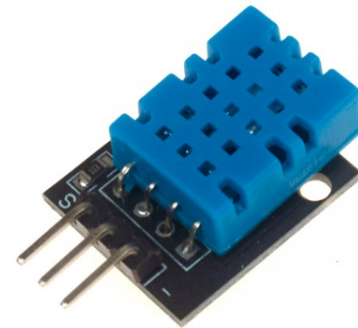


Figura 2. Sensor DTH11 utilizado para medir la temperatura y humedad que se presenta en los laboratorios de Energía Solar y Proyectos Tecnológicos [4].

Algunas de las características de este sensor son las siguientes:

- Voltaje de operación de 3V a 5V
- Rango de temperatura medible de 0°C a 50°C
- Resolución de 0.1°C
- Rango de medición de humedad del 20% al 90%
- Resolución de humedad del 1%
- Tiempo de respuesta de 1 segundo

El sensor DTH11 cuenta con tres terminales, la terminal de alimentación, la terminal de referencia a tierra y la terminal de señal de salida, en la figura 3 se muestra su esquema de conexión.

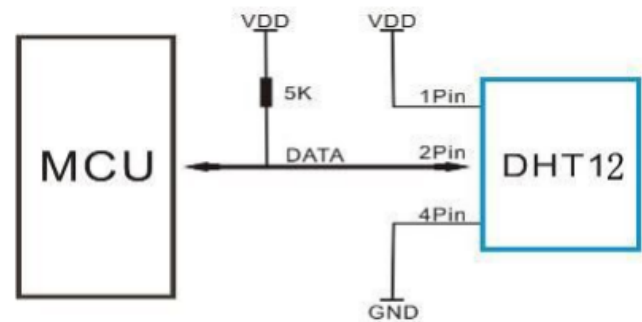


Figura 3. Se muestra el esquema de conexión del sensor DHT11 hacia un controlador, puede ser un Arduino, un microcontrolador PIC, un procesador ESP32 o algún otro dispositivo [4].

Este sensor transmite los datos por medio de una sola terminal, el formato de los datos seriales consta de 40 bits, los 8 primeros bits contienen la información de inicio y validación de los datos a transmitir. Los siguientes 16 bits pertenecen al valor de la temperatura, del bit 25 al bit 40 corresponden a la información de la humedad relativa.

Para realizar la medición de la concentración de Co2 se utiliza el sensor MQ135, es un sensor de tipo electroquímico que cambia su resistencia interna en función de la concentración de gas que está presente, basta con conectar una resistencia de

carga en serie con el sensor MQ135 para generar una señal de voltaje variable proporcional a la concentración de gas Co2. Es recomendado calentar el sensor durante 24 horas cuando éste es conectado por primera vez, eso asegura que las mediciones que se realizan posteriormente sean de mayor precisión [5], en la figura 4 se muestra el esquema eléctrico de este sensor.

Para que la sensibilidad del sensor sea mayor, es necesario aplicar un voltaje de 5V de voltaje directo o alterno al calentador interno con el que cuenta el MQ135, es ampliamente recomendado comenzar a tomar las lecturas de Co2 unos 2 a 3 minutos después de que se aplica el voltaje de calentamiento, esto aumenta la precisión y sensibilidad de las mediciones realizadas.

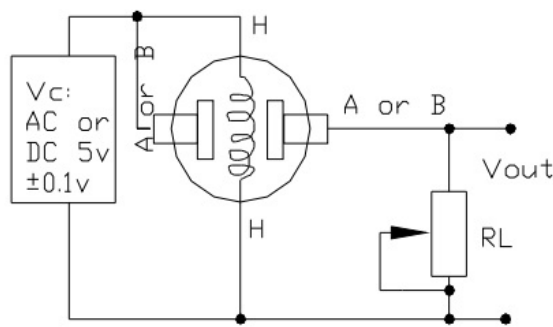


Figura 4. Se presenta el diagrama de eléctrico de conexión del sensor MQ135, se utiliza una resistencia de carga para generar un divisor de voltaje, con salida analógica proporcional a la concentración de Co2 [5].

El rango de medición de este sensor es alrededor de 2000 PPM (partes por millón) de Co2, generando un voltaje de salida del divisor de voltaje de no más de 4V, la resistencia interna del sensor varía su valor en un rango de alrededor de 10 kΩ a 400 kΩ. Se debe mencionar que este sensor es sensible a otras sustancias, tal como los son: alcohol, benceno, humo, monóxido de nitrógeno, entre otras. En la figura 5 se muestra la curva característica de detección de gases de este sensor, proporcionada por el fabricante.

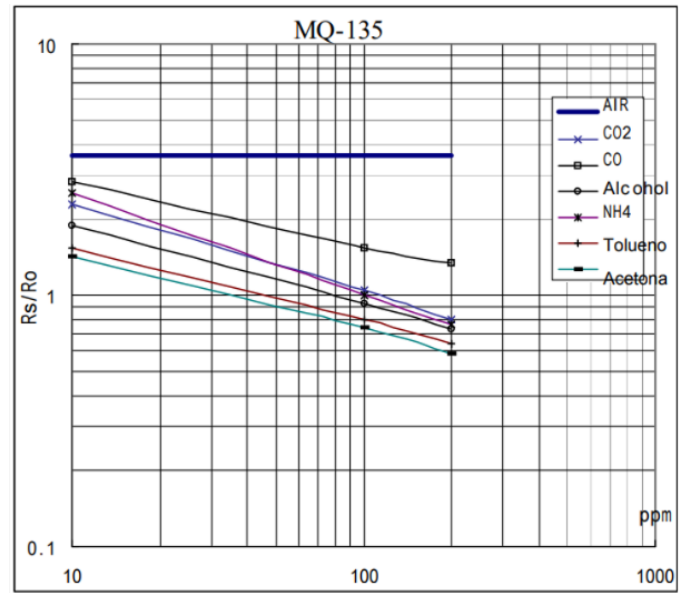


Figura 5. Se presenta la curva característica de sensibilidad a diversas sustancias del sensor MQ135 [5].

Por medio de la técnica de ajuste de mínimos cuadrados [6] se obtuvo la ecuación característica para la detección de las PPM de Co2 en función del voltaje generado por el divisor de voltaje entre la resistencia del sensor y la resistencia de carga, esta ecuación se programa en el procesador de control para convertir el voltaje adquirido por el convertidor análogo digital (ADC) del ESP32 y mostrar las PPM de Co2 presentes en los laboratorios en una pantalla OLED de 128x64 pixeles, las ecuaciones 1, 2 y 3 [7] son las que permiten obtener las partes por millón de dióxido de carbono en función del voltaje adquirido por el ADC del ESP32.

$$1) V_{out} = \frac{(bin * 0.98) - 139}{1000}$$

V_{out} es el voltaje adquirido por el ADC del ESP32

bin es el valor binario de 12 bit del ADC

$$2) R_s = \left(\frac{V_{cc} - V_{out}}{V_{out}} \right) * (R_L)$$

R_s es la resistencia variable del sensor en presencia del Co2

V_{cc} es el voltaje de alimentación del sensor MQ135, 5V

V_{out} es el voltaje de salida del divisor de voltaje

R_L es la resistencia de carga, 20KΩ

$$3) PPM_{Co2} = \left(\frac{R_s}{R_0} \right)^{\frac{1}{a}}$$

PPM_{Co2} es la concentración de Co2 en PPM

a es una constante de valor igual a 108.4

b es una constante de valor igual a -0.49

R_0 es la resistencia de sensor sin presencia de Co_2 , 34501.4 Ω

R_s es la resistencia del sensor en presencia de Co_2

B. Controlador ESP32

Como dispositivo de control en el sistema de monitoreo de la temperatura, humedad y concentración de Co_2 se utiliza un procesador de doble núcleo el controlador ESP32, algunas de las características de este componente son las siguientes [8]:

- Procesador de 2 núcleos que pueden operar de 80MHz a 240 MHz
- Interfaz periférica serial (SPI)
- Transmisor receptor asíncrono universal (UART)
- Ethernet
- Interfaces táctiles y capacitivas
- I²C
- Modulo WiFi
- Modulo Bluetooth
- Convertidor ADC de 12 bits de precisión
- Voltaje de alimentación de 3.3V

Los sensores se conectan al ESP32, utilizando una serie de librerías, se adquiere el valor de la temperatura y humedad que provienen del sensor DTH11, estos valores son almacenados en unas variables, para posteriormente ser cargados en unos registros, estos registros se ligan con el servidor Modbus que se monta en el ESP32 [9].

La adquisición de las partes por millón de dióxido de carbono se adquiere por medio del convertidor análogo digital de 12 bits de resolución con el que cuenta el ESP32, al utilizar un voltaje de referencia del ADC de 3.3V, permite tener una precisión en la conversión del orden los 0.8mV. Las ecuaciones 1, 2 y 3 antes descritas son programadas en el ESP32 para la obtención de la concentración de Co_2 , este valor al igual que el de temperatura y humedad es almacenado en los registros del servidor Modbus para ser transmitido vía WiFi hacia un servidor OPC, en la figura 6 se muestra un diagrama de bloques de la conexión de los sensores hacia el ESP32.

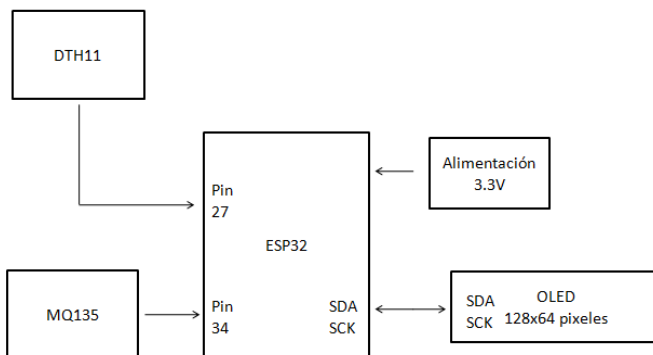


Figura 6. Se presenta el diagrama de bloques de conexión de los sensores MQ135 y DTH11 hacia el controlador ESP32.

C. Pantalla OLED

Para mostrar la información de los valores leídos por el ESP32 se utiliza una pantalla OLED de 128 x 64 pxeles [10], esta pantalla se conecta con el ESP32 a través del protocolo de comunicación serial síncrono I²C, con solo dos pines se realiza el envío de los datos hacia a la pantalla, los pines SDA y SCK, SCK es el pin que se encarga de generar una señal de reloj, permitiendo la sincronización entre el procesador de la pantalla gráfica y el controlador ESP32, la terminal SDA es por donde viajan los datos, en la figura 6 se muestra el diagrama de conexión de la pantalla con los sensores y el ESP32.

En la pantalla OLED se pueden visualizar los valores de temperatura, humedad y PPM de Co_2 , en la figura 7 se muestra un ejemplo de valores adquiridos por el ESP32 de los sensores.

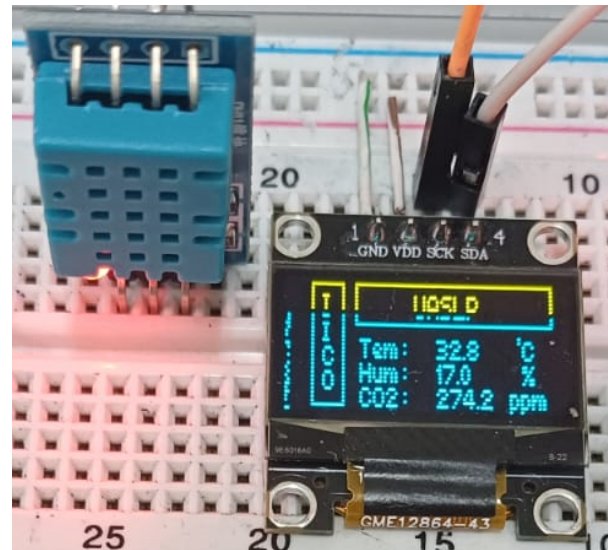


Figura 7. Se muestran los valores de temperatura, humedad y Co_2 visualizados en la pantalla OLED de 128x64.

D. Modbus TCP/IP

Para enviar los datos recopilados por el ESP32 por medio de los sensores vía WiFi, se utiliza una librería que se encarga de generar un servidor Modbus TCP/IP, este servidor se conecta a una red WiFi y a través de los registros 30001 al 3006 transmite los datos recolectados por los sensores.

Modbus es un protocolo de comunicación de dispositivos electrónicos abierto, en el que interactúan un maestro y un esclavo, aunque el maestro puede direccionar información hacia unos 247 esclavos, formando una red de componentes conectados a un mismo maestro, esto es lo que ha permitido que Modbus tenga una gran aceptación en la industria. Existen diversos tipos de protocolos Modbus, algunos de ellos son:

- Modbus RTU
- Modbus TCP/IP
- Modbus ASCII
- Modbus Plus

Para esta aplicación se utilizó el tipo Modbus TCP/IP, este tipo de protocolo aprovecha la infraestructura de redes de tipo LAN (red de área local), aumentando de manera significativa la cantidad de componentes que pueden conectarse a la red Modbus. El puerto de comunicación estándar que utiliza el protocolo Modbus TCP/IP para la transmisión de la información es el 502, el usuario puede reconfigurar el puerto de comunicación que desee utilizar para enviar los datos vía la red LAN. De manera muy general se puede indicar que en este tipo de protocolo Modbus el maestro se convierte en un servidor, mientras que el esclavo es básicamente un cliente. En esta aplicación, el ESP32 queda configurado como un servidor y el cliente es el OPC (OLE for Process Control) de National Instrument (NI).

E. Servidor OPC de National Instrument

OPC es un estándar de comunicación y transferencia de datos, ampliamente utilizado en el campo del control de procesos y la supervisión de sistemas industriales. Es una tecnología basada de Microsoft que permite la transmisión de datos entre diversos programas, permitiendo que exista una mayor dinámica y fluidez en el proceso de envío de información entre diversas plataformas. La comunicación OPC se realiza mediante una configuración de red de tipo cliente-servidor, lo cual permite que un cliente reciba datos desde diversos servidores, los cuales acceden a las variables que contiene el cliente para leerlas o escribirla. Esto resultó en una amplia aceptación en el sector industrial, ya que eliminaba el problema de compatibilidad entre los controladores de diversos equipos de una gran variedad de fabricantes, permitiendo la interconexión de estos de manera más simple y en un menor tiempo. National Instruments al igual que muchos otros grandes fabricantes de software y hardware de automatización, control y supervisión incluyen un OPC en sus sistemas.

En esta aplicación se utiliza el OPC de NI para recibir los datos provenientes del servidor Modbus TCP/IP que corre sobre el ESP32, en la figura 8 se muestra una breve descripción de la configuración del OPC generado [11].

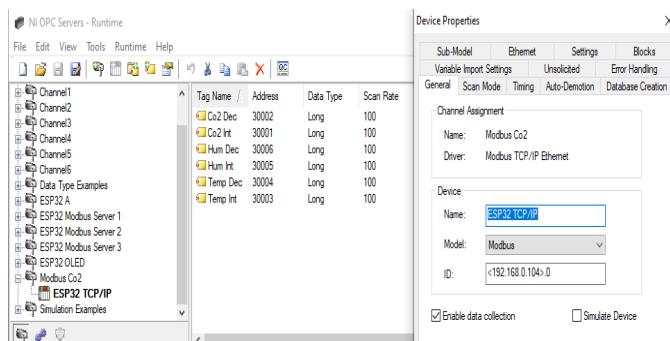


Figura 8. Se utiliza el OPC de NI para recibir los valores de las variables monitoreadas vía WiFi desde el servidor Modbus TCP/IP del ESP32 [11].

F. Panel de Monitoreo en LabVIEW

Se diseñó un panel frontal en LabVIEW para mostrar los datos recibidos por el OPC de LabVIEW [11], básicamente lo que se hace es leer los datos recibidos en los registros Modbus del OPC y mandar los valores a una serie de indicadores numéricos y gráficas, de tal manera que el usuario pueda monitorear el valor de la temperatura, humedad y concentración de Co₂, en la figura 9 se muestra este panel frontal.

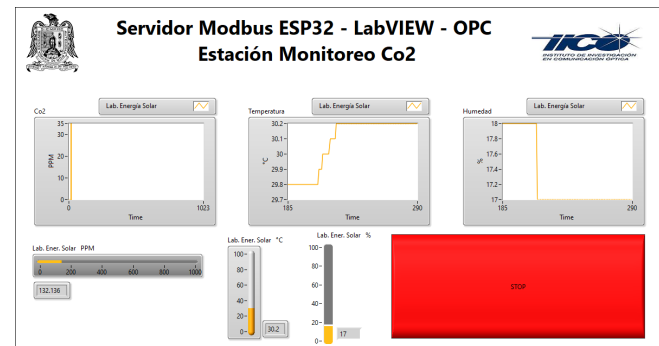


Figura 9. Panel frontal de monitoreo temperatura, humedad y Co₂ implementado en LabVIEW.

Una vez que se tienen los datos desde el OPC se convierten a tipo String para ser concatenados y enviarlos a una página web implementada en Ubidots, para envío de la información desde LabVIEW hacia Ubidots se utiliza el protocolo de comunicación HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto).

G. Aplicación desarrollada en Ubidots

Ubidots es una plataforma de IoT que permite a instituciones y empresas, crear aplicaciones que proporcionan información en tiempo real ideal para toma de decisiones, monitoreo de condiciones, manufactura inteligente, etc. [12].

Se diseñó una interfaz de usuario en Ubidots que se muestra en la figura 10, que tiene la función de mostrar en la página web los datos enviados por LabVIEW que anteriormente fueron recibidos por medio del TCP/IP.

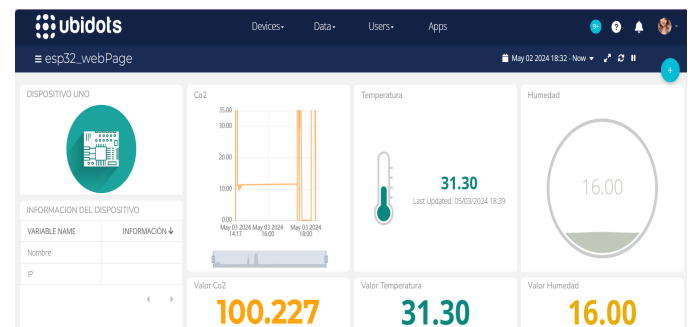


Figura 10. Página Web de monitoreo temperatura, humedad y Co₂ implementado en Ubidots

Esta página Web permite ver la información del dispositivo que está transmitiendo la información, así como también los valores de Co₂, temperatura y humedad en tiempo real los cuales pueden ser visualizados en cualquier dispositivo que se

pueda conectar a internet y en cualquier ubicación.

III. RESULTADOS

Se realizaron diversas pruebas de funcionamiento de las diversas etapas que conforman al sistema de monitoreo de concentración de Co₂, temperatura y humedad. Se pudo comprobar que el sistema despliega de forma correcta la información en las diferentes etapas de visualización y adquisición de datos. Para la adquisición correcta de las PPM de Co₂ se aplicó la técnica de ajuste de mínimos cuadrados, primero para modelar el ADC del ESP32, que no es lineal y adquirir de forma correcta el valor de la conversión analógica-digital, la ecuación ideal de ajuste del ADC, fue del tipo lineal, tal como se mostró en la ecuación 1. El modelado de la ecuación para las PPM se ajustó a una forma exponencial, tal como se mostró en la ecuación 3.

Además de comprobar que la adquisición de los valores de los sensores se realiza de forma correcta, se realizaron diversas pruebas de funcionamiento de las etapas de visualización de la información tal como se mostró en la figura 7, con valores de temperatura de 32.8°, una humedad del 17% y una concentración de 274.2 PPM.

Se comprobó que los datos adquiridos por el ESP32 se transmiten de forma correcta hacia el panel frontal diseñado en LabVIEW por medio del protocolo Modbus TCP/IP, tal como se observa en la figura 10, en ese momento los valores correspondientes a las variables medidas fueron de 30.2°, 17% y 132.13 PPM.

Finalmente estos valores son mostrados en una aplicación web implementada en Ubidots, desde LabVIEW se transmiten los valores vía el protocolo HTTP hacia esta aplicación, tal como se observa en la figura 11, los valores medios en ese momento de monitoreo son de 100.2 PPM, 31.3°C y una humedad del 16%.

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó una interfaz de monitoreo de calidad del aire versátil, que es capaz de ser modificada para agregar una mayor cantidad de señales a medir y tener un mejor conocimiento de la calidad del aire en un ambiente cerrado como lo es una aula, un laboratorio, oficinas o incluso en espacios abiertos.

Otra de las grandes ventajas del sistema propuesto es que tiene la capacidad de que el usuario acceda a sus datos desde cualquier ubicación, así como desde cualquier tipo de plataforma, esto debido a que está basado en tecnología de tipo IoT.

Finalmente se puede indicar que este equipo puede ser utilizado en una gran cantidad de aplicaciones, que van desde el uso académico, en el área de la investigación, monitoreo y control de calidad del aire en procesos industriales, aplicaciones de control de las condiciones ambientales en cultivos biológicos

e incluso en la automatización de invernaderos y sector agroindustrial.

Hay que mencionar que se tiene previsto como trabajo a futuro implementar toda una red de internet de las cosas para realizar el monitoreo de la calidad del aire en diversos laboratorios y aulas del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica además de utilizar este en el sistema en un banco de caracterización de paneles solares.

REFERENCIAS

- [1] Radouan Ait Mouha, Internet of Things (IoT), Journal of Data Analysis and Information Processing, Volumen 9, No 2, 2021.
- [2] Lawrence O. Aghenta, M. Tariq Iqbal, Design and implementation of a low-cost, open source IoT-based SCADA system using ESP32 with OLED, Things Board and MQTT protocol, AIMS Electronics and Electrical Engineering, 4(1), 57 -86, 2019, DOI: 10.3934/ElectrEng.2020.1.57.
- [3] Transmisión del SARS-COV-2: repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infecciones: Reseña científica, 9 de julio de 2020.
- [4] Mouser Electronics, (2018), DHT11 Humidity & Temperature Sensor1 Data Sheet.
- [5] Hanwei Electronics Co. LTD, (2019), MQ – 135 Gas Sensor, Technical Data, <http://www.hwsensor.com>.
- [6] Félix Marco Millán, (2016), “Diseño e implementación de un sistema de medida de gases con Arduino”, Tesis de Licenciatura, Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, Universidad de Zaragoza.
- [7] Alex Mauricio Guatapi Yachimba, Evert Ivan García Bravo, (2022), “Diseño e Implementación de un Prototipo Para un Sistema de Medición, Análisis y Purificador de Gases Contaminantes en el Aire Utilizando Arduino y Ubidots IoT”, Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil.
- [8] Maier, A. Sharp and Y. Vagapov, "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things," 2017 Internet Technologies and Applications (ITA), Wrexham, UK, 2017, pp. 143-148, doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.
- [9] Espressif Systems, (2024), ESP32 Series Datasheet, <http://www.espressif.com>.
- [10] Solomon Systech, (2008), SSD1306 128 x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller, Semiconductor Technical Data, <http://www.solomon-systech.com>.
- [11] National Instruments, (2024). <https://www.ni.com>.
- [12] Ubidots, (2021). <https://www.ubidots.com>.

Clasificador de Números manuscritos con módulo VISION en LabVIEW y Aprendizaje Automático

K. A. Aguilar Ávila, C. S. Jiménez Gaytan, *Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, S.L.P., México*

https://github.com/GaytanCSJ/LabVIEW-INSTRUMENTACION_VIRTUAL

Resumen— El uso de las nuevas tecnologías han permitido el desarrollo de diferentes trabajos de investigación e ingeniería que permitirán el desarrollo humano, uno de estos avances es la implementación de la inteligencia artificial para abarcar en diferentes campos.

Palabras Clave— LabVIEW, inteligencia artificial, multicapa

I. INTRODUCCIÓN

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están compuestas por nodos, denominados neuronas, organizados en capas. Cada neurona recibe una serie de entradas, realiza cálculos sobre ellas y produce una salida. Las redes neuronales son capaces de aprender y generalizar a partir de datos, lo que les permite resolver problemas complejos que resultan difíciles para los algoritmos tradicionales.

Una de las aplicaciones más destacadas de las redes neuronales es el reconocimiento de manuscritos. Este campo involucra la conversión de texto escrito a mano en datos digitales que pueden ser procesados por una computadora. Las redes neuronales, especialmente las redes neuronales convolucionales (CNN) y multicapa, han demostrado ser excepcionalmente efectivas en esta tarea. Estas redes son capaces de identificar patrones y características en las imágenes de texto manuscrito, permitiendo una precisión superior en el reconocimiento de caracteres y palabras.

El proceso de reconocimiento de manuscritos a través de redes neuronales generalmente sigue varios pasos: preprocesamiento de la imagen para adaptar la calidad y normalizar el texto, segmentación para separar los caracteres o palabras individuales, extracción de características relevantes y, finalmente, clasificación mediante la red neuronal entrenada. Este enfoque ha revolucionado áreas como la digitalización de documentos históricos, la automatización de la entrada de datos y la mejora de la accesibilidad a la información escrita a mano.

II. MARCO TEÓRICO

A. Red neuronal

Las redes neuronales artificiales son un modelo computacional evolucionado. Consta de un conjunto de unidades, llamadas neuronas artificiales, conectadas entre sí para transmitir señales. La información de entrada pasa a través de la red neuronal produciendo valores de salida.

Una red neuronal básica, va a realizar dos transformaciones de los datos, y por tanto es un modelo con tres capas: una capa de entrada (input layer) consistente en las variables originales $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ [1], otra capa oculta (hidden layer) con M nodos, y la capa de salida (output layer) con la predicción (o predicciones) final $m(X)$.

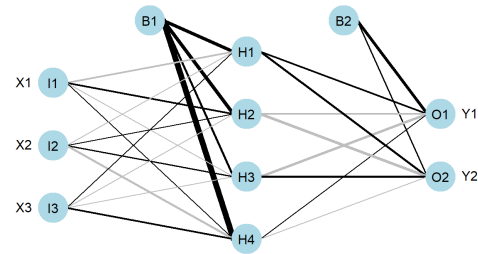


Figura 1: Estructura Básica de una Red Neuronal.

El funcionamiento de una red neuronal se puede interpretar en base a esto:

1. El patrón de interconexión entre las diferentes capas de neuronas.
2. El proceso de aprendizaje para la actualización de los pesos de las interconexiones.
3. La función de activación que convierte las entradas ponderadas de una neurona a su activación a la salida.

Matemáticamente, la función de red de una neurona $f(x)$ se define como una composición de otras funciones $g_i(x)$.

Este se representa como una estructura de red, con flechas que representan las dependencias entre variables. Un tipo ampliamente utilizado de la composición es la suma ponderada no lineal, donde $f(x) = k(\sum_i \omega_i g_i(x))$ [2] donde k (denominado comúnmente como la función de activación) es una función predefinida, como la tangente hiperbólica o función sigmoide. La característica importante de la función de activación es que proporciona una transición suave como valores de entrada de cambio, es decir, un pequeño cambio en la entrada produce un pequeño cambio en la producción.

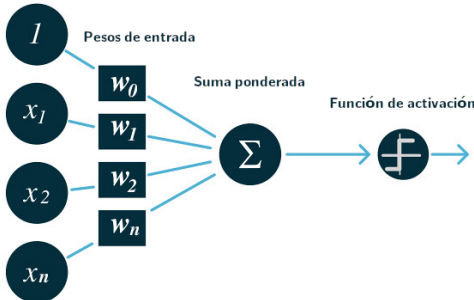


Figura 2: Funcionamiento de una Red Neuronal

B. Red neuronal de tipo multicapa

Es una red neuronal compuesta por múltiples capas, es decir, esta estructura tiene la capacidad de resolver problemas que no son linealmente separables, superando así la principal limitación del perceptrón. La red neuronal multicapa puede estar conectado de manera total o local. En el primer caso, cada salida de una neurona de la capa determinada se conecta a todas las neuronas de la capa siguiente a la misma. En el segundo caso, cada neurona de la capa determinada se conecta únicamente a una serie de neuronas específicas de la capa siguiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Implementación en labview

A través del empleo del "Vision Development Module" de LabVIEW, se procede a la captura de imágenes en tiempo real. Posteriormente, se identifican y seleccionan las regiones de interés que contienen los caracteres relevantes. Estas regiones son luego dimensionadas a 28x28 píxeles. Con estas dimensiones estandarizadas, el programa convierte las imágenes en arreglos unidimensionales, los cuales se utilizan como entradas para la red neuronal.

B. Implementación de la red neuronal

Para llevar a cabo el proceso de reconocimiento de dígitos, se empleó una red neuronal multicapa desarrollada en Python utilizando la biblioteca Scikit-Learn. Esta red fue entrenada exhaustivamente utilizando la base de datos MNIST, que contiene imágenes de dígitos individuales con una resolución de 28x28 píxeles.

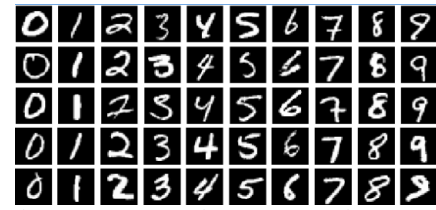


Figura 3: Muestras de DATASET de MNIST.

El conjunto de datos utilizado para el entrenamiento constaba de 6000 muestras, mientras que se reservaron 1000 muestras adicionales para la validación del modelo y otras 1000 muestras para evaluar su desempeño final. Esta división del conjunto de datos garantizó una evaluación rigurosa y confiable del modelo en diferentes etapas de su desarrollo.

Durante el proceso de entrenamiento, se ajustaron diversos parámetros con el fin de optimizar el rendimiento de la red neuronal. Los parámetros óptimos determinados fueron los siguientes: dos capas ocultas con 50 neuronas cada una, un learning rate de 0.004 y una función de activación de tipo ReLU (Rectified Linear Unit). Estos parámetros fueron seleccionados tras un exhaustivo proceso de búsqueda y ajuste con el objetivo de lograr el mejor equilibrio entre precisión y eficiencia en el proceso de reconocimiento de dígitos.

El empleo de una arquitectura de red neuronal multicapa junto con la base de datos MNIST y los parámetros óptimos seleccionados permitió obtener un modelo robusto y altamente preciso en el reconocimiento de dígitos, lo que demuestra la eficacia de este enfoque en la tarea de reconocimiento de patrones visuales.

		PREDICCIÓN // VALOR REAL									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	82	0	0	0	1	0	2	2	0	1	0
1	0	124	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	107	2	1	0	2	3	1	0	0
3	1	1	3	97	0	1	0	0	4	2	0
4	0	0	0	0	102	0	1	1	2	1	0
5	0	0	0	0	2	0	79	2	0	0	2
6	1	0	2	0	0	1	80	0	0	0	0
7	0	0	2	1	1	3	0	93	3	5	0
8	0	1	2	1	1	0	0	0	78	2	0
9	1	0	0	2	5	1	0	2	0	81	0

Figura 4: matriz de confusión del rendimiento de la red con respecto al conjunto de prueba.

C. Funcionamiento del proyecto

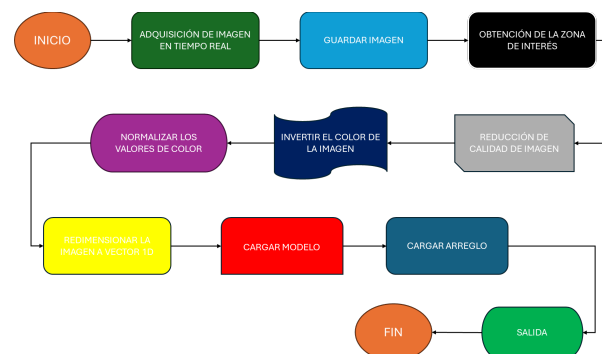


Figura 5: Diagrama de Flujo de funcionamiento del proyecto.

IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El clasificador se implementó satisfactoriamente con una eficiencia del 92%. Sin embargo, el programa es sensible a la luz y la resolución de la cámara a utilizar. Como consecuencia, es necesario calibrar el programa con cada cambio de cámara o iluminación. Por otra parte, la implementación puede no ser compatible a todas las versiones de LabVIEW o Python.

Por otra parte, se encontraría un mejoramiento en el acertado de los dígitos manuscritos, a través de la implementación de una red neuronal de tipo convolucional (CNN) ya que debido a que su aplicación es realizada en matrices bidimensionales, son muy efectivas para tareas de visión artificial, como en la clasificación y segmentación de imágenes, entre otras aplicaciones.

REFERENCIAS

- [1] Chollet, F., y Allaire, J. J. (2018). Deep learning with R. Manning publications.
- [2] "The mnist database of handwritten digits". Yann Lecun, Courant Institute, Nyu Corinna Cortes, Google labs, New York Christopher J.C. Burges, Microsoft Research, Redmond.
- [3] Fukuda, t et al. (1990). "Neural network application for robotic motion control, adaptation and learning". Proc. IJCNN International Joint Conference on Neural Networks. San Diego.

Diseño de un circuito de acondicionamiento analógico de señales con aplicación en amplificadores lock-in

Esdras Terranova Azuara Juárez
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, San Luis Potosí, México
a199318@alumnos.uaslp.mx

Resumen— Se presenta el diseño de un circuito analógico para el acondicionamiento analógico en el ancho de banda DC a 102 kHz, con filtrado de la línea eléctrica y su segundo armónico, además de contar con ganancias de amplificación que llegan hasta los 80dB, con una aplicación en un amplificador lock-in programado en FPGA.

Palabras Clave— Diseño hardware, acondicionamiento analógico, amplificador lock-in, FPGA.

I. INTRODUCCIÓN

Es común encontrar en la instrumentación científica circuitos electrónicos para el acondicionamiento analógico, y el amplificador lock-in no es la excepción [1]. Usualmente los amplificadores lock-in tienen dos procesos que aplican a la señal de entrada, la amplificación de la señal y el filtrado de esta, lo anterior se realiza previamente a la detección de amplitud lock-in. La amplificación es la más obvia porque justamente, el incrementar la amplitud de la señal es una de las razones por las que se usa un amplificador lock-in, mientras que el filtrado es para eliminar ruido que pueda estar presente y que afecte el desempeño del instrumento.

A continuación, describiremos el hardware diseñado en la sección II, después se muestra el software programado para un FPGA (del inglés field-programmable gate array) que nos permite constituir un amplificador lock-in simple en el apartado III. Los resultados experimentales obtenidos se presentan en la sección IV, y, por último, la sección V contiene las conclusiones del presente trabajo.

II. DISEÑO HARDWARE

Podemos observar en la figura 1 un diagrama de la tarjeta que diseñamos para la conformación de señal. El paso de la señal por las diferentes secciones sucede en el mismo orden en el que las describiremos a continuación.

A. Preamplificador

Este circuito nos permitirá tener ganancias de 1.78x, 3.16x, 5.62x y 10x, en la señal de entrada, por lo que es para aplicaciones que no requieran mucha amplificación de la

señal (como medir la fase de una señal que buena relación señal/ruido), además de generar una flexibilidad entre los niveles de ganancia cuando se usa en conjunto con el amplificador de AC.

B. Filtro notch

Se construyeron dos filtros notch, uno con supresión de 50/60 Hz y el segundo en el armónico de 100/120 Hz, que son las frecuencias en las que puede agregar ruido la línea eléctrica, ambos filtros tienen la misma arquitectura, sin embargo, los valores de los elementos pasivos son diferentes.

C. Amplificador AC

Es un amplificador construido con cuatro amplificadores operacionales de bajo ruido, dispuestos en configuración no inversora uno tras otro. Por medio de un multiplexor digital podemos elegir la salida individual de cada una de las etapas de amplificación, obteniendo ganancias que van de 10x en la primera etapa, 100x para la segunda, 1000x en la tercera y, por último, 10000x en la cuarta etapa (80dB).

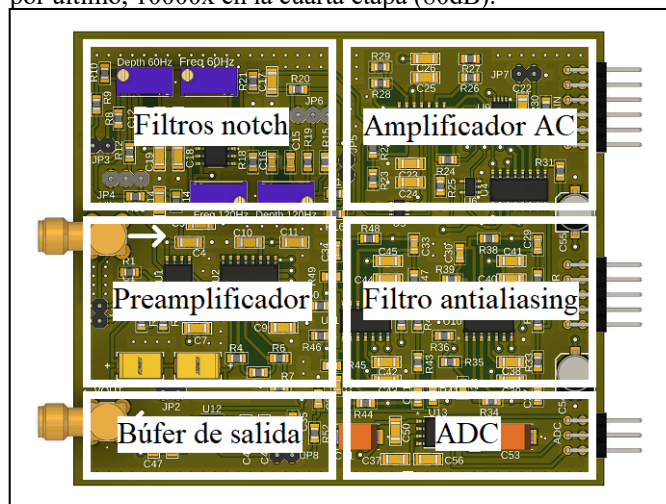


Figura 1. Diagrama de la tarjeta de acondicionamiento analógico de señales.

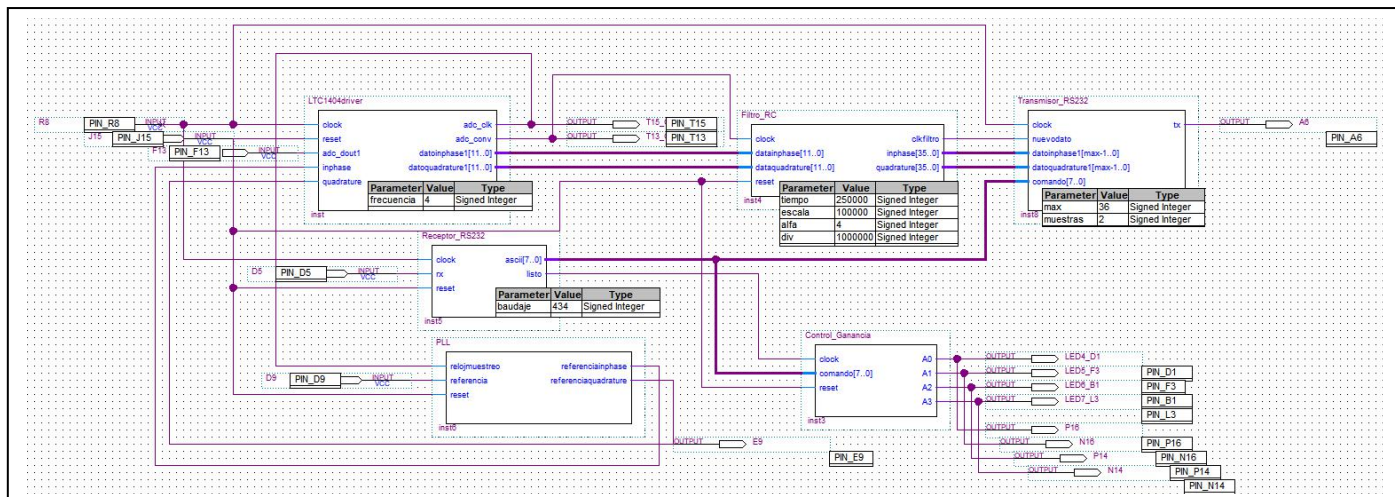


Figura 2. Diagrama de bloques del programa para el FPGA.

D. Filtro antialiasing

Usamos este filtro para eliminar cualquier frecuencia que pueda estar presente en nuestra señal superior a la mitad de nuestra frecuencia de muestreo (250 kHz). Esto lo logramos con un filtro paso bajo elíptico con paso de banda desde DC hasta 102kHz. La banda de parada inicia a los 154 kHz. La atenuación de la banda de parada es nominalmente 100 dB.

E. Búfer de salida y ADC

Para la salida de la tarjeta tenemos dos opciones, la cuales no son mutuamente excluyentes. La primera es una salida analógica que se provee por medio de un amplificador operacional en modo de búfer, y la segunda como salida digital por medio de un convertidor analógico a digital o ADC (del inglés analog-to-digital converter). El convertidor es capaz de digitalizar con 12 bits una señal analógica que va desde +2.048V a -2.048V, con una representación binaria de complemento dos y una resolución de 0.001 V entre números binarios.

III. DISEÑO SOFTWARE

Una vez que la señal es digitalizada, todo el procesamiento de señales lo realizamos por medio del FPGA montado en la tarjeta DE0-Nano. El procesamiento que se hace es el siguiente, la señal de entrada digitalizada es multiplicada por dos señales cuadradas generadas por un lazo de seguimiento de fase (desfasadas 90° una con respecto de la otra), después el resultado de esas multiplicaciones se alimenta a un filtro paso bajo de manera independiente. Lo anterior se muestra en el diagrama de la figura 2.

El instrumento cuenta con una gran flexibilidad en cuanto al filtrado, se pueden programar una plétora de filtros en la arquitectura del FPGA, esto resulta bastante conveniente puesto que se puede ajustar las características del filtro para generar soluciones a medida de nuestras necesidades experimentales, sin embargo, el que aquí presentamos es un modelo de filtro RC paso bajo con una constante de tiempo de 1 segundo, probado previamente en un trabajo anterior [2].

Una vez que se obtienen los valores del componente en fase (X) y su cuadratura (Y), estos son transmitidos por medio

del módulo inalámbrico Bluetooth y son recibidos por un segundo modulo, que es leído por instrumento virtual de LabVIEW, gracias a este último programa podemos desplegar los valores numéricos de las mediciones realizadas por el amplificador lock-in.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Realizamos un análisis de la respuesta en frecuencia, de la tarjeta de hardware diseñada, en este podemos ver los diversos niveles de ganancia con los que podemos amplificar nuestra señal, además se ve claramente el efecto de ambos filtros notch de 60 Hz y 120 Hz respectivamente suprimiendo estas frecuencias significativamente, también es muy notoria la presencia del filtro antialiasing que cae abruptamente a partir de los 102 kHz, todo esto se muestra en la figura 3.

Para probar la capacidad de nuestro instrumento decidimos comparar su desempeño frente a un amplificador lock-in comercial de la marca Stanford Research Systems, el modelo SR830. Este modelo cuenta con un generador de señales sinusoidal que provee un seno de amplitud raíz cuadrada media que va desde los 0.004V a los 5V. Para generar señales más pequeñas hicimos uso de un divisor voltaje, la reducción en amplitud provocada por este la medimos tanto con el amplificador lock-in comercial como con el nuestro. El esquemático del arreglo experimental lo podemos ver en la figura 4 y los resultados de las mediciones en la tabla 1.

Mi Amplificador (V)	SR830 (V)	Error relativo (%)
40.16m	39.97m	0.48
4.002m	4.016m	0.35
398.3μ	396.1μ	0.56
297.3μ	298.5μ	0.40
196.5μ	200.5μ	2.00
98.01μ	102.1μ	4.03
34.70μ	35.91μ	3.37
25.41μ	29.71μ	14.47
2.99μ	3.28μ	8.84

Tabla 1. Comparación de las mediciones entre amplificadores lock-in.

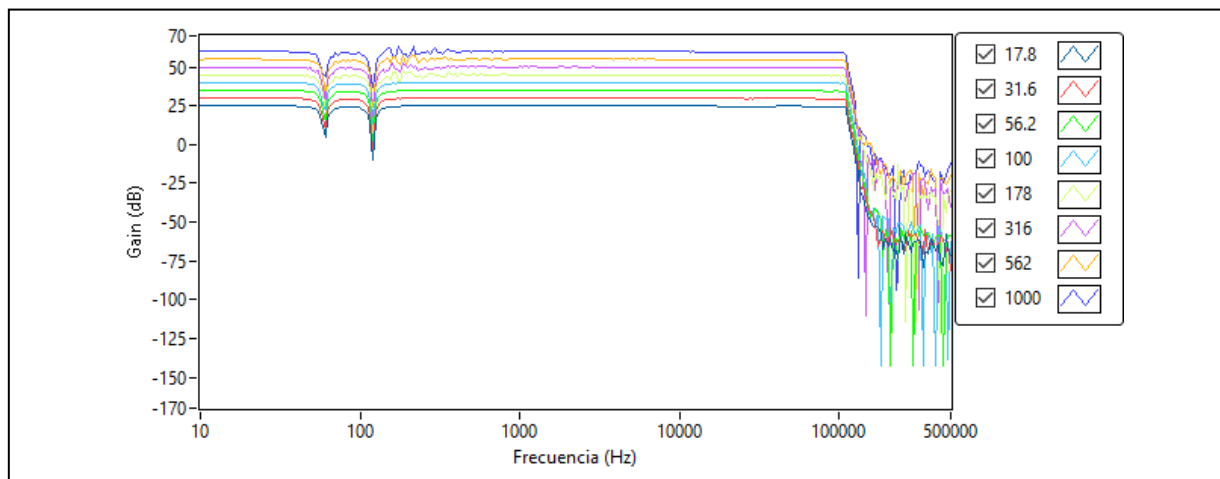


Figura 3. Respuesta en frecuencia de la tarjeta de acondicionamiento analógico.

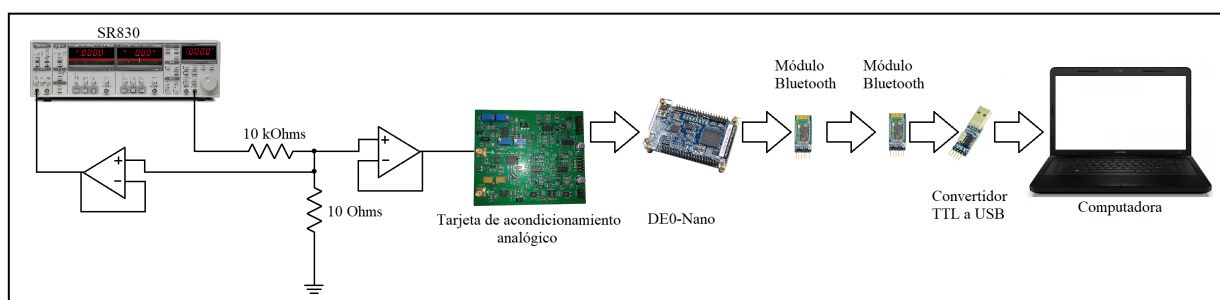


Figura 4. Esquemático del arreglo experimental.

Es fácil observar por los resultados que los instrumentos tienen un desempeño similar. Sin embargo, sus mediciones concuerdan más en el rango que va desde las decenas de milivolts hasta las centenas de microvolts. La diferencia que se empieza a notar al medir por debajo de las centenas de microvolts, se lo atribuimos a que cada vez se encuentra más presente el ruido térmico, esto le quita la precisión a la medición individual, lo más adecuado sería hacer varias mediciones para obtener un valor promediado más preciso.

V. CONCLUSIONES

Hemos diseñado una tarjeta de acondicionamiento analógico que es potencialmente aplicable a más instrumentos aparte de un amplificador lock-in, por su deseable respuesta en frecuencia y diversos niveles de amplificación.

Construimos un amplificador lock-in competente con el instrumento de mercado SR830, con un desempeño comparablemente similar para medir voltajes de DC.

Adicionalmente nuestro amplificador lock-in cuenta potencialmente con una mayor flexibilidad en cuanto a filtrado digital, en el sentido de que pueden programarse sin mayor inconveniente en el FPGA, así como la escalabilidad del instrumento, puesto que es posible agregar más tarjetas de acondicionamiento analógico y controlarlas con la tarjeta DE0-Nano, de esta manera se tendrían múltiples amplificadores lock-in funcionando de manera simultánea.

REFERENCIAS

- [1] Model SR830 DSP Lock-In Amplifier, Stanford Research Systems, manual, 2011.
- [2] Amplificador Lock-In Pórtatil Reconfigurable, Esdras Terranova Azuara Juárez, Memorias del Premio de Instrumentación y Electrónica “Dr. Gustavo del Castillo y Gama”, mayo 2022.

Diseño de un sistema de medición de la dispersión dinámica de luz, para estimar tamaños de partículas

J.E. Vega Mata IEEE J. Ortega Gallegos IEEE
Instituto de investigación en comunicación óptica, San Luis Potosí SLP,
A323911@alumnos.uaslp.mx

Resumen— Se pretende implementar un sistema de “Dynamic light scattering” con el cual se podrán medir el tamaño de las partículas en una suspensión a través del análisis de la luz que dispersa, los detalles teóricos y del montaje experimental serán discutidos.

I. INTRODUCCIÓN

Es de interés conocer distintas propiedades de compuestos con los que se trabaja, ya sea luminiscencia, transmitancia, o en el caso de este trabajo, el tamaño de las partículas. Existen diversas técnicas para determinar tamaños de partículas, una de ellas es conocida como “Dynamic light scattering” (DLS) en la cual se mide el movimiento browniano que presentan las partículas de una muestra en suspensión al incidir una luz monocromática en ella y analizar la forma en que varía la intensidad de la luz dispersada en el tiempo

II. MARCO TEÓRICO

A. Movimiento browniano

Es un proceso estocástico en el cual las partículas suspendidas en un fluido chocan entre si dando como resultado un movimiento aleatorio [1], la cantidad de movimiento que presenta una partícula está directamente relacionada con su tamaño, por lo que si fuese posible medir esto podríamos utilizarlo para calcular el radio de las partículas.

B. Dispersión de la luz y patrón de Speckle

Al incidir luz coherente en un fluido esta se dispersará y producirá una interferencia aleatoria conocida como patrón Speckle [2], un ejemplo de este se muestra en la figura 1.

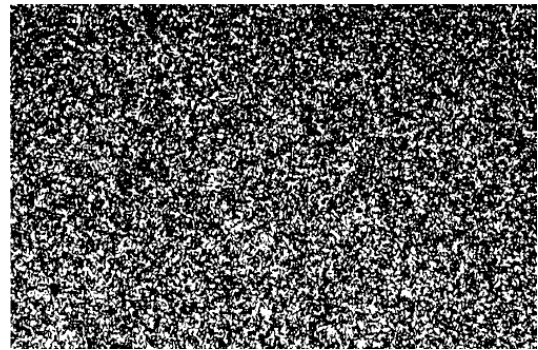


Figura 1. Ejemplo de patrón Speckle

C. Ecuación de Stokes Einstein

Es posible calcular el radio hidrodinámico de una partícula siguiendo la ecuación de Stokes Einstein:

$$D = \frac{k_b T}{3\pi\eta d} \quad (1) [3]$$

En donde:

K_b es la constante de Boltzmann

T es la temperature en kelvin

η la viscosidad

D el radio hidrodinámico

d el coeficiente de difusión

D. Cálculo del coeficiente de difusión

Todos los datos de la ecuación de Stokes Einstein son conocidos excepto por el coeficiente de difusión, este se mide experimentalmente calculando la función de autocorrelación:

$$g(\tau) = \frac{\langle I(t)I(t+\tau) \rangle}{\langle I(t) \rangle^2} \quad (2) [4]$$

En donde $I(t)$ es la intensidad de la luz dispersada en función del tiempo, y T un retraso que puede ir de micro a milisegundos.

Con esto calculado se realiza un ajuste exponencial para encontrar el coeficiente d en la ecuación 3

$$g(\tau) - 1 = e^{-2dq^2\tau} \quad (3) [4]$$

El valor de q lo podemos calcular de la ecuación 4:

$$q = \frac{4\pi n}{\lambda_0} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (4) [4]$$

Donde:

n es el índice de refracción

λ_0 es la longitud de onda del láser

θ es el angulo de incidencia

III. DISEÑO DEL DISPOSITIVO Y MONTAJE

En la figura 2 se puede observar el montaje que se realizó, está cerrado con el propósito de que no haya interferencia de luz externa a la del láser utilizado.

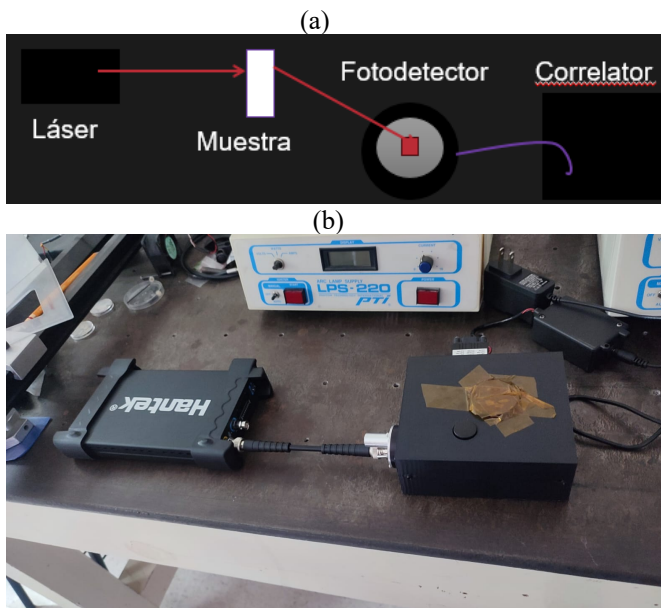


Figura 2. a) esquema del montaje experimental. b) Dispositivo DLS.

IV. RESULTADOS PARCIALES

Se preparó una muestra patrón de agua desionizada y polvo de aluminio de 1200 GRIT, ya que de esta es conocido el radio que debería tener y esto nos puede ayudar a saber que tan preciso es el dispositivo.

Se pudo observar un patrón de Speckle luego de incidir el haz sobre la muestra patrón como se ve en la figura 3.

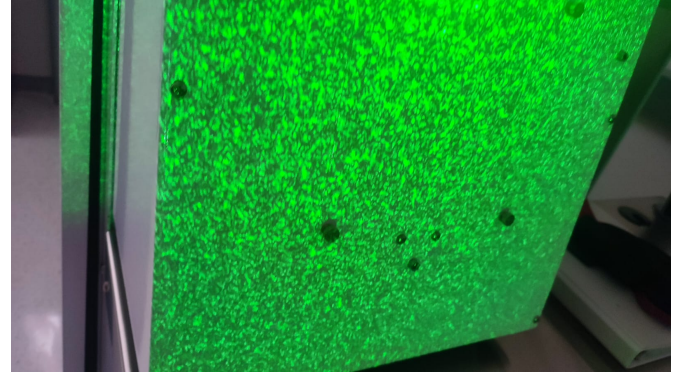


Figura 3. Patrón Speckle observado en el experimento

Esto nos confirma que el fenómeno está sucediendo por lo que solo nos resta medirlo.

Hasta el momento se sigue calibrando el dispositivo, y los resultados que se han obtenido son las siguientes funciones de correlación.

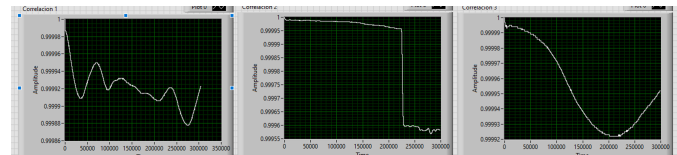


Figura 4. Funciones de correlación de 3 mediciones diferentes

Se espera pronto poder ajustar la forma en que se procesan los datos para obtener información sobre el radio de las partículas de la muestra patrón que se está utilizando.

REFERENCIAS

- [1] https://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_browniano
- [2] [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Speckle_\(interference\)#Speckle_](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Speckle_(interference)#Speckle_)
- [3] A. Einstein “investigations on the theory of the brownian movement”, 1956.
- [4] Am. J. Phys. 67, 1152 (1999); doi: 10.1119/1.19101

Control de computadora vía visión artificial con labview

J.D. Amaya-Ramírez^{1*}, V. Manuel-Ramírez¹, y M. Mejía Carlos¹

¹Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Karakorum, San Luis Potosí, 78210, México

*Contacto: A322556@alumnos.uaslp.mx

Resumen—Se diseña e implementa un sistema alternativo para el control de un mouse de una computadora a través de la detección de movimientos de una mano en un área reducida. El desarrollo del sistema se hace en el software de Labview con ayuda de sus librerías enfocadas a la visión artificial (Machine Vision) para el control de las operaciones. Además, para la ejecución de las operaciones se usará la utilidad de línea de comandos NirCmd. El algoritmo responde correctamente a los comandos establecidos, aun así, el sistema mantiene el potencial disminuir los tiempos de respuesta y mejorar la precisión de la detección de colores minimizando las perturbaciones en la lectura.

Palabras Clave—Control, Detección, LabVIEW, Sistema de gestos, Visión Artificial, *Vision Assistant*

I. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es el diseño e implementación de un sistema alternativo para el control de un mouse de una computadora a través de la detección de movimientos de una mano en un área reducida mediante el uso de LabView y su librería de visión artificial *Vision*.

II. INTRODUCCIÓN

Implementar algoritmos que usan visión artificial es una operación compleja independientemente del campo. Estos deben ser diseñados para ser robustos, precisos y tener un bajo tiempo de respuesta para hacer frente a los escenarios que el problema presente.

Entre todas las líneas de desarrollo para nuevas aplicaciones aparecen los sistemas de control. Específicamente, el dotar a las máquinas de un sistema de visión capaz de convertir los movimientos y/o gestos del cuerpo humano en sus mecanismos de control.

En este trabajo se plantea y desarrolla el uso de la visión artificial para controlar ciertos parámetros que existen dentro de una computadora como el control del ratón con sus respectivas funciones junto con el control de volumen y brillo, usando gestos y movimientos de una mano, y la detección de colores presentes en la imagen muestreada. Lo anterior busca ser una alternativa para las personas con lesiones físicas y/o neuronales que limitan la movilidad total de las extremidades superiores y por ende también se ve limitada su capacidad de adaptar

posturas adecuadas para el trabajo en un escritorio. De ahí que, uno de las cosas que siempre estuvo presente durante el desarrollo del proyecto es el control en un área pequeña de trabajo. La sección IV y V explica el los materiales usados y el desarrollo del programa, respectivamente. Mientras que en la sección VI plantea la configuración de pruebas a realizar con el programa desarrollado. Finalmente, las secciones VII y VIII muestran los resultados y conclusiones, junto con comentarios finales.

III. MARCO TEÓRICO

La visión artificial o visión por computador intenta emular la capacidad de algunos seres vivos para ver una escena (imagen), entenderla y actuar en consecuencia. Sus algoritmos se basan en entrenar máquinas para realizar funciones, se pretende que la función permita hacer una tarea óptica en mucho menos tiempo usando cámaras, datos y algoritmos en lugar de retinas, nervios ópticos y una corteza visual humana. [1]

La visión artificial funciona de manera muy similar a la visión humana, excepto que los humanos tenemos una ventaja inicial: el contexto informativo que hemos adquirido a lo largo de nuestra vida. Esto es a lo computacionalmente llamamos “entrenamiento” [2].

La implementación de sistemas computacionales basados en visión artificial es una de las novedades de los tiempos actuales, se han presentado múltiples softwares que han evolucionado su interfaz con redes neuronales basadas en la interpretación de imágenes, aunque existe una gran variedad de opciones para diseñar estos softwares, hay algunos que están más desarrollados tecnológicamente, como lo es el caso de LabVIEW [3].

Este cuenta con una extensión especializada en la visión artificial llamada *Vision Development Module* que proporciona una biblioteca extensa de funciones que permite acceder a cientos de algoritmos de procesamiento de imágenes y funciones para mejoramiento de imagen, verificación de presencia o ausencia de objetos, detección de patrones, entre otras. Adicionalmente, incluye una herramienta de diseño de algoritmos que simplifica el diseño del sistema de *visión* llamada *Vision Assistant*, donde solo es necesario seleccionar el procesamiento que se desea realizar desde una lista de opciones y configurar los parámetros correspondientes de manera interactiva en lugar de escribir líneas de código [4-6].

Color	Azul	Amaillo	Verde	Rosa	Rojo	Naranja
Color Sensivity	Low	Medium	Low	Medium	High	High
Search Strategy	Agressive	Agressive	Agressive	Agressive	Agressive	Agressive
Min . Match Score	650	600-650	400	400	600-650	300
N. of Matches	1	1	1	1	1	1

Tabla 1: Valores de entrada para los subVIs de detección.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema consta de una cámara de celular, apuntada al área de detección, sostenida en un trípode y conectada vía alámbrica a una capturadora de video *elgato HD60 S*, que a su vez se encuentra conectada a la computadora y transmite la imagen al VI de *LabVIEW*. Para el apartado del control con la mano es usado un guante de color negro y 6 bandas de colores diferentes, por lo anterior, el área de detección consiste en una superficie de color negro para garantizar el máximo contraste entre el entorno y los colores.

Antes del uso del programa para el control de la máquina, es necesario evaluar la detección de cada uno de los colores por separado. Por lo que deben deshabilitarse los subVIs de control

Los detalles del funcionamiento de cada función de control se explican en la siguiente sección.

V. FIGURAS Y GIAGRAMAS

A. Creación de subvis de detección de colores

Los SubVIs fueron armados el con módulo de desarrollo de *Vision* (o sus siglas en ingles, VDM) de *LabVIEW*, el cual está diseñado para la asistencia en la creación de aplicaciones de visión artificial (*machine vision*) y con *Vision Assistant* que es una herramienta de ingeniería de algoritmos que simplifica el diseño de los sistemas de *Vision*.

En *Vision Assitant*, lo primero que se hizo es capturar en imágenes las bandas de colores (*Acquire Image*) para posteriormente hacer el *script* que procesará la imagen (*Process Image*). En este, únicamente se añadió la función de procesamiento *Color Location* la cual localiza el color especificado en una imagen a partir de una plantilla (*template*) que se crea conforme se configura la función. Finalmente, se creó el VI optimizado para ser optimizado en paralelo con la opción que ofrece *Vision Assitant: Create LabVIEW VI* y se le asignan los controles e indicadores que se muestran en la Figura 1.

B. Constitución de vi de detección de colores

El VI encargado del funcionamiento consta de un único ciclo *while* en el que está contenido el resto del programa. Antes de entrar al ciclo es necesario inicializar la cámara y configurarla adecuadamente, también se debe crear una localidad de memoria temporal para las imágenes que se vayan capturando y modificar su resolución a una deseada que en este caso es de 640 x 480 (Figura 2).

Conforme la imagen es capturada esta es enviada a los subVIs de detección de colores que cuentan con los parámetros de entrada y salida que se muestran en la Figura 1. Los valores

de entrada de todos los subVIs de detección se muestran en la Tabla 1, aunque el valor de *Match Score* puede tener ligeras variaciones (± 100 puntos) dependiendo de las condiciones de iluminación en las que se ejecute el programa. En la figura 3, se muestra el patrón de conexión de los 6 subVIs, cada uno de ellos se distingue por el color de fondo del ícono que es el color que detectarán (Figura 4).

La salida de la imagen del subVI (*Image*) se despliega en el panel frontal. Para la inicialización de cada operación de control de la computadora es necesario un valor booleano por lo que el número de coincidencias requeridas (una de cada color) es comparada con el número de coincidencias encontradas mediante el comparador *Equal?* y de ser iguales este devolverá un *TRUE*, de lo contrario entregará un *FALSE*.

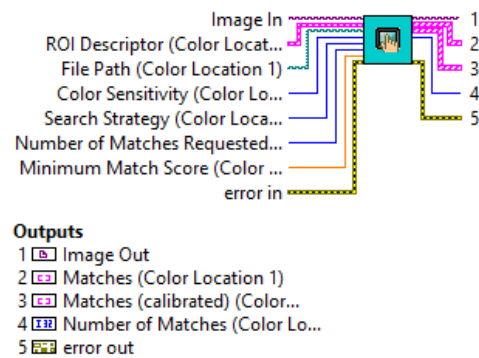


Figura 1: Configuración de entradas y salidas (Outputs) del SubVI para la detección de color

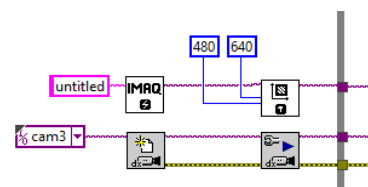


Figura 2: Inicialización de cámara

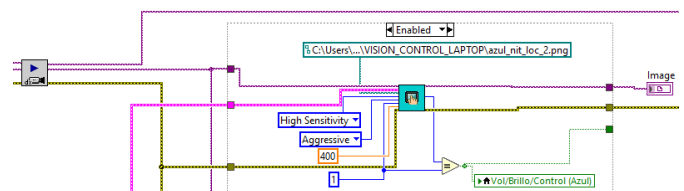


Figura 3: SubVI para detección de color, en este caso es para el color azul

Funcion	NirCMD (nircmd.exe)	[Argumentos Opciones]
Mouse		
Botón Derecho	sendmouse	[right] [down up click dblclick]
Botón Izquierdo	sendmouse	[left] [down up click dblclick]
Rueda	sendmouse wheel	Velocidad contante de desplazamiento [0,100]
Mover Ratón	setcursor	Coordenadas [X] [Y]
Parametros de Computadora		
Brillo	setbrightness	Valor de Brillo [0,100]
Volumen	setvolume	Valor de Brillo [0,100]

Tabla 2: Funciones de NirCMD

C. NirCMD EN LabVIEW

NirCMD es una utilidad de línea de comandos la cual se ejecuta en la consola de la computadora y con ayuda de sus comandos es posible controlar funciones de la misma. En su uso para LabVIEW fue necesario la función (.vi) de *System Exec*, la cual, ejecuta comandos del sistema dentro del VI que se use. Posteriormente, para el armado de comandos para cada una de las funciones se utilizó únicamente la manipulación de cadenas. Las funciones que realizan los SubVIs con sus respectivos comandos de NirCMD en System Exec se muestran en la tabla 2.



Figura 4: Iconos de los SubVIs de detección de color

Control de Mouse (SubVI_mouse_nircmd.vi): Este subVI es el encargado del control del mouse y de sus funciones (Tabla 2). Como se explicó anteriormente, el núcleo del programa consiste en manipular cadenas para construir los comandos que serán enviados a la terminal. A nivel de implementación en el VI principal, dependiendo de la operación a realizar serán las entradas a usar (Figura 5) y que se active el switch para enviar la operación (*Enviar*).

En el caso de los botones (*boton*) es necesario especificar si es un clic izquierdo o derecho (*Der/Izq*) y si se “presiona” el botón o se suelta para los casos de una acción sostenida (*up/down*) o, si es un clic simple o doble de tratarse de una acción rápida (*clic/2clic*). Esto última se especifica mediante un switch booleano (*toque (T) / sostener(F)*).

Para el caso, de la operación para mover el ratón (*raton mover*) únicamente es necesario enviar el par de coordenadas (x,y). Recordemos que el punto de origen del plano cartesiano de una computadora es la esquina superior izquierda.

Por último, en el caso de la rueda del mouse (*rueda mover*), esta solo recibirá el valor de la velocidad al que se desplazará hacia abajo o hacia arriba la pantalla.

Control de Brillo y Volumen (control_brillo.vi y control_volumen.vi): Estos subVIs son los encargados del control del brillo y del volumen. A diferencia del subVI anterior la manipulación de cadenas para construir los comandos es mucho mas simple pues solo es necesario modificar un valor (Figura 6 y 7). A nivel de implementación en el VI principal,

únicamente es necesario un valor de entradas a usar en cada subVI y que se active su respectivo switch para enviar la operación (*Enviar*).

En todos los SubVI mencionados sus salidas, que únicamente son indicadores, no son utilizadas en el producto para el usuario pues carecen de importancia fuera de procesos de *debugging*.

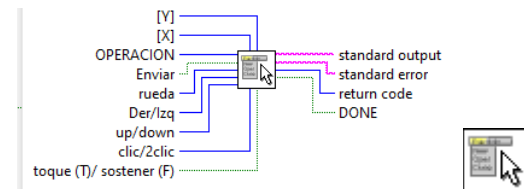


Figura 5: Esquema de entradas y salidas del SubVI para control de mouse (izquierda) y su icono (derecha).

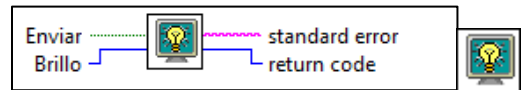


Figura 6: Esquema de entradas y salidas del SubVI para control de brillo (izquierda) y su icono (derecha).

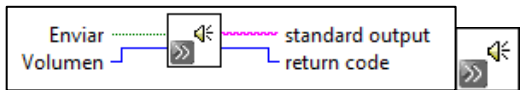


Figura 7: Esquema de entradas y salidas del SubVI para control de volumen (izquierda) y su icono (derecha).

D. Programa principal

El funcionamiento general del programa se muestra en el Esquema 1. Como se explicó en la sección V-A, en cada subVI de detección de color se cuenta con un comparador booleano que indica si se detectó el color o no. La señal que este emita está directamente conectada a estructuras *case* en las que están contenidas las operaciones de control y, dependiendo de esta y de otras señales que a continuación serán descritas se determinará si se ejecuta la operación o no.

A partir de las funciones creadas y las necesidades del sistema diseñado se determinó que era necesario el uso de 6 colores, cada uno de ellos encargado de una tarea específica:

- Azul: Control de activación de botones de mouse.

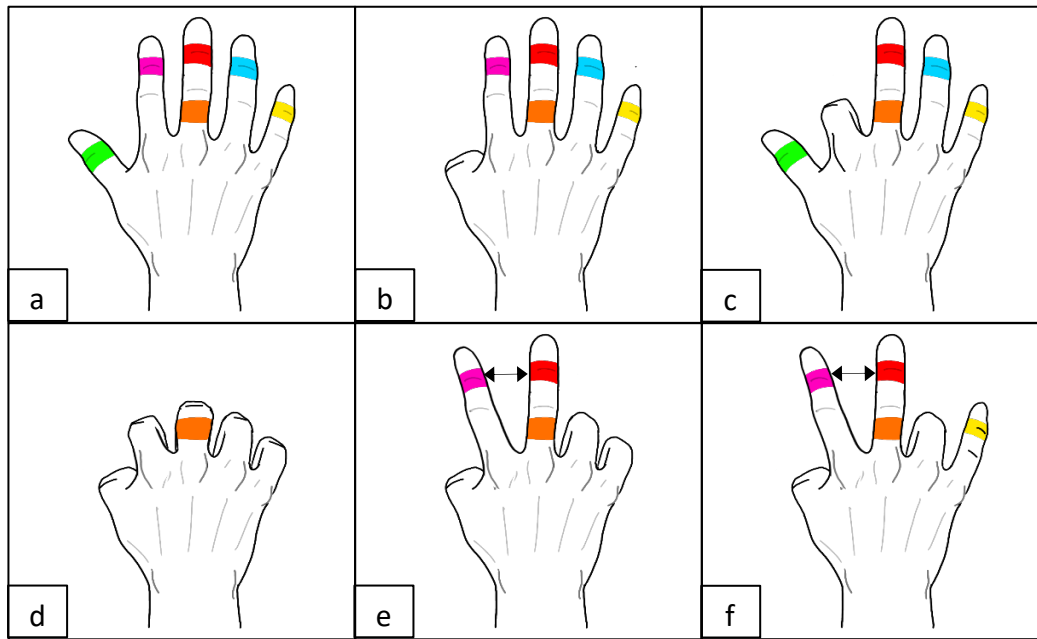


Ilustración 1: Sistema de gestos implementado. (a) Mano estática, ninguna función ejecutada más allá del control del movimiento del mouse. (b) Gesto para realizar un clic izquierdo. (c) Gesto para realizar un clic derecho. (d) Gesto para controlar la rueda. (e) Gesto para controlar el brillo. (f) Gesto para controlar el volumen.

- Amarillo: Selector entre control de volumen y de brillo.
- Naranja: Control de rueda del mouse.
- Rojo: Control de posición de mouse.
- Rosa: Control de botón derecho.
- Verde: Control de botón izquierdo.

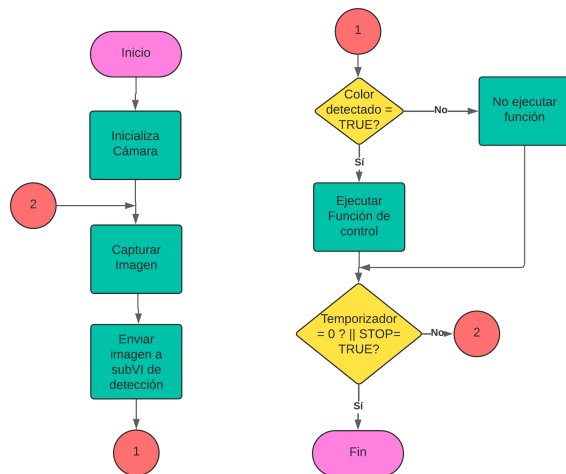
Aun así, se implementa un sistema de gestos para que el

Control de botones y switch de funciones: Para evitar que se pierda el control total de la computadora en caso de algún error en el programa se añadieron múltiples controles a manera de seguros y “frenos de emergencia”. El color azul funciona como un habilitador de los botones del mouse, es decir, si este color no es detectado, no se ejecutarán las funciones para ambos botones del mouse. Mientras que el color amarillo funciona como un *switch* entre las funciones de control de brillo y control de volumen como se explica más adelante (Ilustración 1f).

Botones del mouse: Esta parte tiene los colores verde y rosa asignados para los botones izquierdo y derecho, respectivamente. En el momento en que el color no sea detectado, esto se considerará como un clic del botón que se le tenga asignado (Ilustración 1b y 1c). En el caso específico de la acción mecánica de un clic izquierdo sostenido, es necesario que el color verde no sea detectado por más de 2 segundos para que se active esta función (Ilustración 1b y 1c).

Ratón del mouse: La función tiene asignado el color rojo, el cual, al contrario del resto de colores este debe ser detectado constantemente pues las coordenadas en las que sea detectado son enviadas a la función para mover el mouse en la pantalla. Aquí surge el problema de que la imagen transmitida no cuenta con suficiente densidad de píxeles para que el movimiento abarque toda la pantalla por lo que se deben normalizar las coordenadas antes de que sean ingresadas al subVI para que ambas sean equivalentes ambos sistemas (Ilustración 1a). La normalización puede variar dependiendo de la configuración y montaje del sistema.

Rueda del mouse: La función tiene asignado el color naranja. Para su activación, únicamente debe ser detectado su color, mientras que el resto no. Si el color se encuentra en la mitad superior del área de detección, la acción será como si la rueda fuera desplazada hacia adelante o arriba. En cambio, si el color se encuentra en la mitad inferior del área de detección, la



Esquema 1: Diagrama de flujo del programa en general

programa funcione de manera fiable y que a su vez sea de cómoda realización para el usuario (Ilustración 1).

A continuación, se describirán las funciones a nivel de programa basándose en el sistema de gestos mostrado previamente. Para los casos de funciones fuera de mover el ratón y de activador de botones, hecho de que el color sea detectado constantemente es un indicativo de que ningún equivalente a su acción mecánica se está llevando a cabo, es decir, es como si no se hubiese accionado algún botón o *switch* (Ilustración 1a) o que se “desactive” la realizada.

acción será como si la rueda fuera desplazada hacia atrás o abajo (Ilustración 1d).

Brillo y Volumen: La función trabaja con 3 colores al mismo tiempo. En el caso del brillo, para su activación se necesita que únicamente se detecten los colores rojo y rosa (el naranja resulta despreciable en esta operación). A continuación, se realizará una resta entre las coordenadas X en donde se localicen los colores, y si el resultado se encuentra dentro de un rango de 60 a 160 unidades, entonces se le restará 60 unidades a este valor antes de ser enviado al subVI de control de brillo. En el caso del volumen, esta dinámica se repite con la diferencia de que es necesario que también sea detectado el color amarillo (Ilustración 1e y 1f).

VI. CONFIGURACIÓN DE PRUEBAS

En base a todo el planteamiento y desarrollo realizado, se realizaron pruebas de funcionamiento continuo en las que se usó el sistema para controlar la computadora simulando acciones de un usuario común como cambiar entre ventanas, leer documentos, dibujar en *paint*, subir o bajar el volumen de un archivo multimedia, cambiar el brillo de la pantalla, etc.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El programa resultante se muestra la plataforma de *GitHub* [7]. En la ejecución del programa, lo primero que sobresaltó es la importancia del tipo de iluminación que reciben las imágenes. Debido a que las *templates* que se generaron para los subVIs de *Vision Assistant* fueron configuradas con luz blanca que se proyectaba de manera homogénea sobre toda la banda de color, al surgir alteraciones en la iluminación en las zonas de prueba afectó la detección de los colores por lo que fue necesario recalibrarlos. Después de este proceso, el programa mostró una capacidad sobresaliente en su tiempo de respuesta de las funciones. En el control del movimiento del mouse apareció cierta inestabilidad que se ve reflejada en “saltos” que realiza el mouse en la pantalla a pesar de que el color esté en una posición estática. Esto es consecuencia de la densidad de píxeles de la cámara, la resolución de la pantalla y el proceso de normalización entre estos dos aunque estas pueden ser minimizadas con pequeñas correcciones en este último que dependerán de los parámetros de los primeros dos.

La estabilidad del control del brillo y volumen resultó ser mayor de la esperada pues esperaban inestabilidades similares a las del control del mouse pero, durante las pruebas los “saltos” resultaron ser lo suficientemente pequeños como para que los controles sean considerados estables.

En el resto de funciones y colores estos tipos de inestabilidades que se reflejan en las coordenadas resultan ser despreciables pues solo es importante que se detecte la presencia o ausencia del mismo, pues ninguna función opera con sus posiciones.

Los resultados de las pruebas, tras las correcciones en los procesos previamente descritas, muestran un funcionamiento óptimo del programa que además, no muestra errores o retrasos

en la respuesta a pesar de estar operando con múltiples subVIs de detección y de funciones en paralelo.

VIII. CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta y evalúa el desempeño de una alternativa para el control de la computadora a través de los algoritmos la visión artificial que ofrece *LabVIEW*. Los tiempos de respuesta sigue siendo un problema a pesar de que *LabVIEW* intrínsecamente trabaja las tareas en paralelo debido a que las funciones establecidas requieren de una gran cantidad de procesamiento.

En el sistema resultante, la velocidad de análisis de una imagen completa en busca de colores, específicamente, la comparación con los estándares establecidos que rigen un determinado color RGB es directamente proporcional a la cantidad de píxeles de información contenidos en la muestra final; no se puede tomar a la ligera el tamaño de la imagen pues la precisión de los resultados corresponden a la cantidad de información registrada. Se espera que usando una técnica de compresión de imagen con una pérdida de datos tolerable pueda ser la mejor de las opciones para la optimización del algoritmo.

Además, el sistema de lectura de los gestos tiene el potencial de ser mejorado para la participación en la rehabilitación de pacientes con alguna dificultad en sus manos, sustituyendo este por un sistema basado en la detección y seguimiento de objetos encargado de buscar la forma de la mano e identificar los dedos. Esta es una actualización recomendada para futuras implementaciones que buscan un estándar muy alto de eficiencia, precisión y practicidad.

REFERENCIAS

- [1] García, I., & Caranqui, V. (Enero – Diciembre 2015). La visión artificial y los campos de aplicación. *Tierra Infinita* (1), 98-108 <https://doi.org/10.32645/26028131.76>
- [2] Beatriz, B. P. (2022, September 1). *Introducción a la visión artificial: procesos y aplicaciones*. <https://docta.ucm.es/entities/publication/072ca3fb-540f-4dc9-8a16-0241cb5cd986>
- [3] *Index of /Manuals/National instruments*. (n.d.). <https://neurophysics.ucsd.edu/Manuals/National%20Instruments/>
- [4] *Descargar Vision Development Module*. (2023, August 2). NI. <https://www.ni.com/es/support/downloads/software-products/download.vision-development-module.html#521682>
- [5] *What is Computer Vision?* | IBM. (n.d.). <https://www.ibm.com/es-es/topics/computer-vision>
- [6] *Output calibrated contour points from Vision Assistant - NI*. (2022, May 4). <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000001E01UCA0&l=es-MX>
- [7] *danimaya19/CONTROL-DE-COMPUTADORA-V-A-VISI-N-ARTIFICIAL-CON-LABVIEW*. (n.d.). GitHub. <https://github.com/danimaya19/CONTROL-DE-COMPUTADORA-V-A-VISI-N-ARTIFICIAL-CON-LABVIEW>

Elaboración de una maquina enigma

Luis David Alonso López
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen—La máquina Enigma, un dispositivo de cifrado electromecánico, jugó un papel crucial en las comunicaciones militares durante la Segunda Guerra Mundial. Su funcionamiento se basa en un sistema de rotores y cables que transforman el texto encriptado. Este proyecto busca reproducir este sistema en un entorno digital utilizando LabVIEW para permitir una mejor comprensión del proceso de cifrado.

I. INTRODUCCIÓN

EN criptografía, el cifrado César, también conocido como cifrado por desplazamiento, código de César o desplazamiento de César, es una de las técnicas de cifrado más simples y más usadas. Es un tipo de cifrado por sustitución en el que una letra en el texto original es reemplazada por otra letra que se encuentra un número fijo de posiciones más adelante en el alfabeto [1].



Fig. 1 Cifrado cesar.

II. IMPLEMENTACIÓN

Se desarrolló un modelo de la máquina Enigma en LabVIEW, utilizando bloques de programación gráfica para representar los componentes de la máquina real, incluidos los rotores, el reflector y el panel de conexiones. El diseño incluye una interfaz de usuario para introducir mensajes y visualizar los resultados del cifrado y descifrado. Se implementaron algoritmos criptográficos que simulan el comportamiento de los rotores y el reflector, así como el sistema de cables.

Se diseñó tanto un bloque encriptador como su respectivo opuesto, esto para cada fase del sistema.

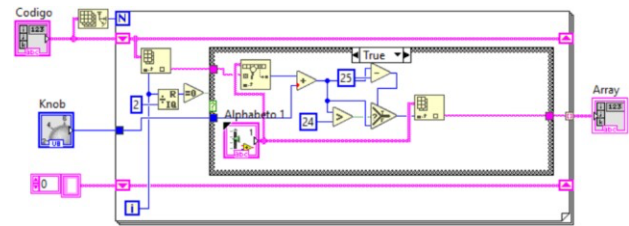


Fig. 2 Bloque encriptador.

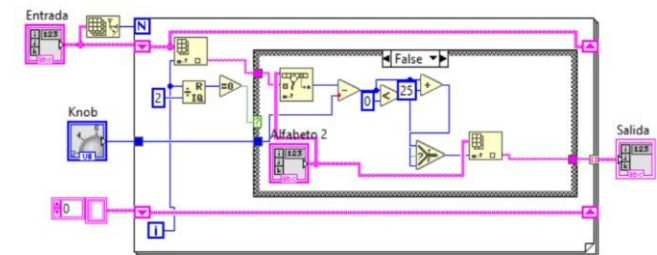


Fig. 3 Bloque descifrador.

La estructura modular de nuestro sistema nos permite una flexibilidad sin precedentes en términos de expansión y complejidad. Esta característica fundamental se basa en la utilización de bloques base que pueden ser combinados y escalados para satisfacer cualquier nivel de complejidad que nuestras circunstancias requieran. Al adoptar esta metodología, no solo garantizamos una adaptabilidad superior, sino que también facilitamos el mantenimiento y la actualización del sistema a lo largo del tiempo.

En el contexto específico de la elaboración de una máquina Enigma utilizando LabVIEW, la modularidad del sistema adquiere una relevancia particular. La máquina Enigma, con su configuración histórica de rotores, reflectores y conexiones, puede ser replicada inicialmente en una versión básica. Sin embargo, a medida que se desarrolle el proyecto, esta versión puede ser ampliada para incluir características adicionales que simulen con mayor precisión el comportamiento y la complejidad de la máquina original.

III. RESULTADOS

El modelo de la máquina Enigma implementado en LabVIEW proporciona una plataforma robusta para realizar

operaciones de cifrado y descifrado con una precisión excepcional.

Una de las características más destacadas de este modelo es la interfaz gráfica de usuario (GUI) desarrollada en LabVIEW. Esta interfaz no solo proporciona una herramienta intuitiva para interactuar con la máquina, sino que también ofrece una visualización clara y detallada de los procesos internos que se llevan a cabo durante el cifrado y el descifrado de mensajes. A través de la GUI, los usuarios pueden observar en tiempo real cómo los rotores, el reflector y las conexiones de clavijas interactúan para transformar el texto claro en texto cifrado y viceversa.

La claridad y transparencia que proporciona la interfaz gráfica son de suma importancia para la comprensión del funcionamiento del cifrado. A diferencia de un modelo puramente teórico o textual, la representación visual permite a los usuarios seguir cada paso del proceso de transformación de los mensajes, facilitando un aprendizaje más profundo y comprensivo de los principios de la criptografía mecánica.

Además, la capacidad de observar y manipular los componentes de la máquina en un entorno visualmente interactivo ayuda a desmitificar la complejidad del sistema, haciendo que el aprendizaje sea más accesible y envolvente.

En el contexto educativo y de investigación, esta combinación de precisión en el modelado y claridad en la visualización proporciona una herramienta poderosa para el estudio de la criptografía histórica y moderna. Los estudiantes y profesionales pueden experimentar de primera mano con diferentes configuraciones y parámetros de la máquina Enigma, explorando cómo estos cambios afectan el proceso de cifrado y descifrado. Esto no solo enriquece su comprensión teórica, sino que también les brinda habilidades prácticas en el manejo y análisis de sistemas criptográficos.

IV. CONSIDERACIONES

Si bien el sistema desarrollado proporciona una perspectiva integral del funcionamiento de la máquina Enigma, no logra ser completamente fiel a este debido a ciertas limitaciones de tiempo en el desarrollo del proyecto. Estas limitaciones pueden afectar la implementación de algunos aspectos específicos del cifrado y descifrado.

No obstante, dedicar más horas al proyecto permitirá superar muchas de estas limitaciones y acercarnos a una réplica más precisa y funcional. La inversión de tiempo adicional permitirá optimizar el modelo, incorporar más detalles y mejorar la precisión de los procesos criptográficos representados en LabVIEW.

Además, esta dedicación contribuirá a desarrollar un sistema de encriptación seguro y eficiente, con bajos costos operativos.

Este equilibrio es crucial en muchos contextos modernos, donde la seguridad de la información debe garantizarse sin incurrir en gastos excesivos.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Doctora Marcela Mejía Carlos, por su invaluable instrucción en el entorno de LabVIEW y por haberme enseñado diversos

temas relacionados con este. Su guía y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Colaboradores de Wikipedia. (2024, 2 febrero). Cifrado César. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Cifrado_C%C3%A9sar

Modelo de clasificación de objetos mediante una CNN y su implementación en LabView

O. Padilla Ruiz

Instituto de Investigación en comunicación Óptica
S.L.P., México
padillaruizo@outlook.com

C. de J. Olvera Rodriguez

Instituto de Investigación en comunicación Óptica
S.L.P., México
https://github.com/Winloord/LabVIEW_IICO

Resumen- Ante el avance de la inteligencia artificial, un conjunto de aplicaciones directas a la ciencias, así como un conjunto de necesidades contemporáneas ha nacido.

Palabras clave— CNN, Inteligencia artificial, convolución, Tensorflow, Lab View.

I. MARCO TEORICO

A. Aspectos generales de las redes neuronales.

Una red neuronal artificial (ANN por sus siglas en inglés, comúnmente solo llamadas redes neuronales) es un modelo computacional inspirado en el funcionamiento neuronal biológico, representado como un conjunto de nodos computacionales que operan en conjunto para procesar una entrada a una salida.[1]. La arquitectura básica de una red neuronal está representada como un diagrama en la imagen 1, dónde un conjunto de “nodos” o “neuronas” de entrada producen una salida, a través del procesamiento en un conjunto de neuronas ocultas subdivididas en “capas”, llamadas ocultas puesto que nunca se revela su contenido. A esta arquitectura de red neuronal se le conoce como “red neuronal densa” y es el caso clásico y más simple de estas.

Capa de entrada

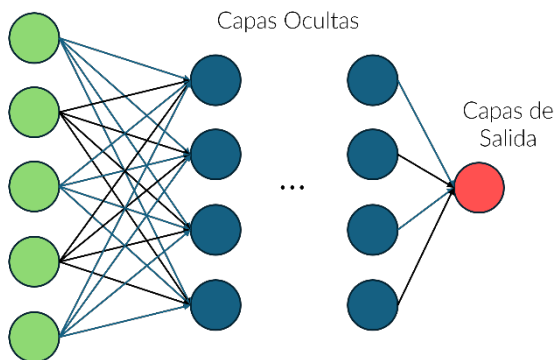


Imagen 1 Arquitectura de una ANN.

En esencia el funcionamiento de una red neuronal está basado en un conjunto de operaciones lineales entre las neuronas.

Dado una capa neuronal $\vec{x}^i$, la evolución del sistema hacia una neurona de la siguiente capa x_j^{i+1} está dada por un vector de “pesos” $\vec{w}_j^i$ y un “ajuste” b_j^{i+1} es:

$$x_j^{i+1} = \vec{x}^i \cdot \vec{w}_j^i + b_j^{i+1} \quad (1)$$

Siendo este el caso más simple de todos, si se le asigna una función de activación f se puede modificar la red neuronal para que su comportamiento se vea pesado por f y pueda adquirir propiedades no lineales. Observe que si $f(x) = x$ la ecuación se reduce a (1).

$$x_j^{i+1} = f(\vec{x}^i \cdot \vec{w}_j^i + b_j^{i+1}) \quad (2)$$

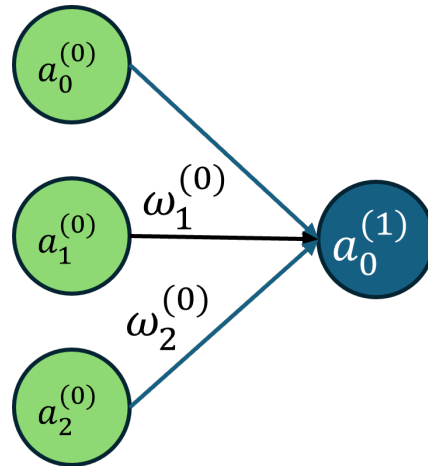


Imagen 2 Procesamiento de una red neuronal.

1) Retropropagación [1]

En un principio el conjunto de pesos y ajustes es dado (pseudo)aleatoriamente, y es por medio de un algoritmo conocido como “retropropagacion” que estos se ajustan iterativamente hasta su optimización. Este algoritmo está basado en el cálculo del gradiente de la **función de coste** que evalúa la similitud de una entrada y la salida deseada de la neurona con su salida real.

$$\nabla C = \begin{bmatrix} \frac{\partial C}{\partial \omega^{(0)}} \\ \frac{\partial C}{\partial b^{(0)}} \\ \vdots \\ \frac{\partial C}{\partial \omega^{(L-1)}} \\ \frac{\partial C}{\partial b^{(L-1)}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para un modelado matemático en detalle se recomienda al lector leer [1].

2) CNN

Una red neuronal convolucional (CNN por sus siglas en inglés) es un modelo particular de red neuronal que difiere al modelo denso pues está basado en la operación convolución, para resumir la información de un conjunto de datos presentados como un tensor 2-dimensional hasta resumirlo en una lista que puede ser atacada por un modelo denso, su modelo a bloques es el mostrado en la imagen 3. Para evitar perder la información durante el proceso de convolución se ejecuta otro operador conocido como “Maxpool” el cual toma los valores de mayor magnitud de la convolución, para así resumir la imagen obteniendo sólo sus aspectos más representativos. Una vez la imagen ha sido procesada se realiza una operación “flatten” que desglosa el tensor de imagen en una lista que puede ser procesada en una red densa.

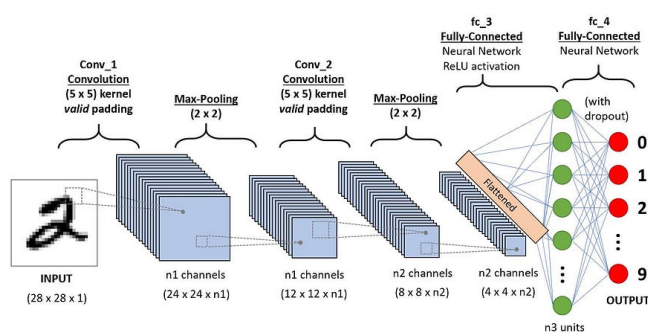


Imagen 3 Modelo de un CNN

II. IMPLEMENTACIÓN

A. Arquitectura y entrenamiento.

El problema que se decidió atacar es clasificar los 53 tipos de objetos dentro de una baraja inglesa. Para ello se diseñó una arquitectura de modelo en tensorflow basada en una red tipo CNN, la arquitectura programada es visible en un gráfico tipo bloques en el gráfico 3.

En los gráficos 1 y 2 se muestran las curvas de aprendizaje del modelo, que expresan la evolución de las métricas de control de este en cada “época” (epoch) del mismo. En color azul se representa las curvas de aprendizaje con el set de entrenamiento del modelo (aquel conjunto de datos utilizados para que el modelo evoluciones) y en color naranja se representan las curvas de aprendizaje para el set de validación del modelo, un conjunto de datos distinto al que el modelo jamás se ha enfrentado y es utilizado para evaluar el desempeño real del modelo.

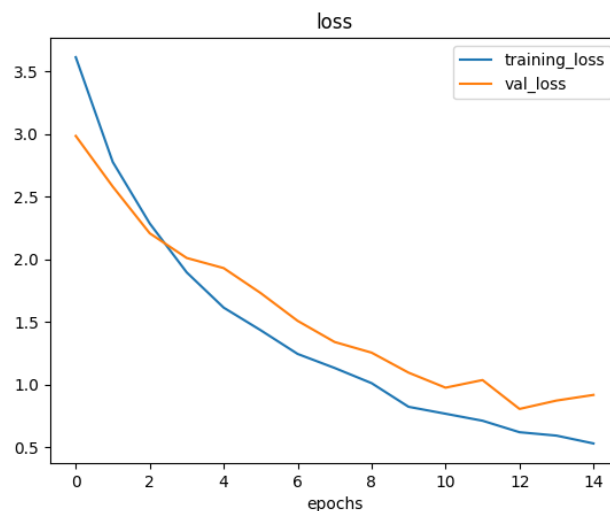


Gráfico 1 Curva de aprendizaje, pérdida.

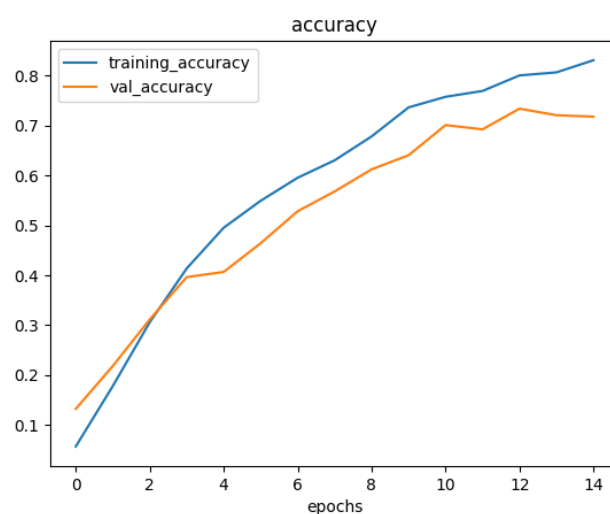


Gráfico 2 Curva de aprendizaje, precisión

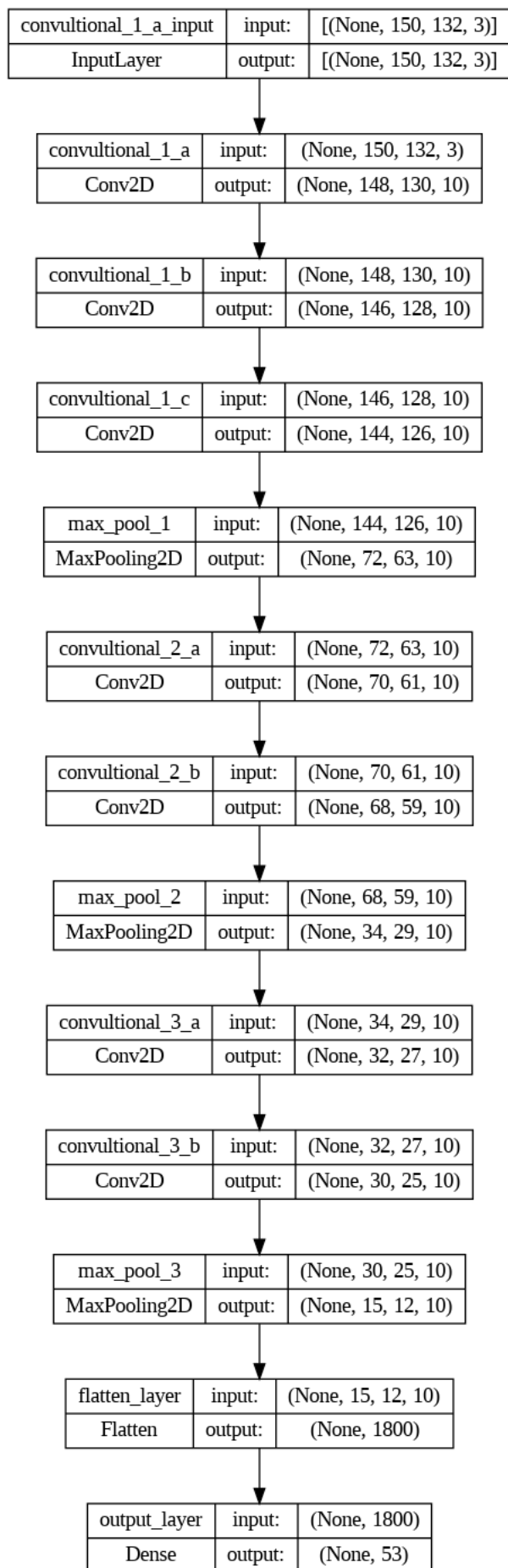


Gráfico 3 Arquitectura del modelo

B. Implementación en labview.

El gráfico 4 muestra el diagrama de flujo del programa en labview, en el cual las imágenes se adquieren por medio de una cámara haciendo uso del módulo de visión y posteriormente, haciendo uso de la red neuronal programada, predice que objeto está viendo y muestra dicha predicción.

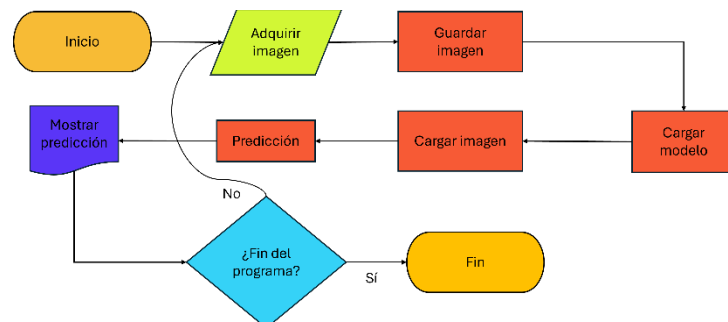


Gráfico 4 Diagrama de flujo

III. PERSPECTIVAS Y CONCLUSIONES

El rendimiento mostrado en los gráficos 1 y 2 muestran que el modelo es eficaz, más no perfecto; con posibilidad de ser refinado. Este Proyecto es aplicable a numerosos campos, simplemente modificando el set de entrenamiento. Su implementación en labview abre la posibilidad de usar este programa como herramienta de laboratorio.

REFERENCIAS

- [1] Blanco, P. A. (2016). Algoritmo de retropropagación. Recuperado de http://www.cs.us.es/~fsancho/ficheros/IAML/2016/Sesion04/seminario_BP.pdf.

Implementación de un ecualizador con amplificadores operacionales

Y.G. Galaviz-Martínez^{1*}, U. Patena-Hernández¹ y R. de J. Sanchez-Rodriguez¹

¹Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Karakorum, San Luis Potosí, 78210, México

*Contacto: A322658@alumnos.uaslp.mx

Resumen—El presente reporte presenta los resultados obtenidos de un proyecto de electrónica aplicada donde se desarrolló un sistema ecualizador de tres bandas para filtrar sonidos agudos, medios y graves de una señal de audio. Esto, haciendo uso de amplificadores operacionales UA741.

Palabras clave— Ecualizador, Frecuencia, Filtro, Amplificador, Ganancia.

I. INTRODUCCIÓN

Un ecualizador es un dispositivo que modifica la amplitud de las diferentes frecuencias que hay en un sonido, haciendo que el audio original sea filtrado según el usuario lo desee. Esto lo hace a través de la modulación del volumen de las diferentes frecuencias que se puede modificar.

Para implementar un sistema de este tipo se puede hacer uso de sistemas con *amplificadores operacionales* (también conocidos como *amp op*), los cuales son dispositivos activos (compuestos de diversos transistores en su interior) que fungen el papel de amplificadores de tensión con dos entradas y una salida [1].

II. ASPECTOS TEÓRICOS

Para este proyecto se requirieron tres filtros activos y un sumador amplificador. Uno de filtros se trató de un pasa altas de segundo orden Sallen Akey, el cual facilita sólo el tránsito de frecuencias elevadas mientras reduce la intensidad de las frecuencias bajas. Este filtro está constituido por siete elementos, compuestos por dos capacitores, cuatro resistencias y un amplificador operacional op amp. La entrada se realiza a través del capacitor C1, y la salida se obtiene en el punto de salida del amplificador operacional [2] (véase la en la figura 1).

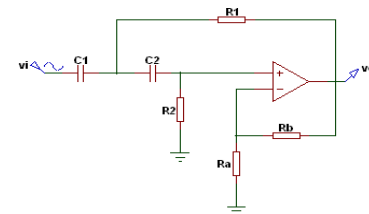


Figura 1 Filtro pasa altas Sallen Key [2]

Por otro lado, un filtro pasa banda activa de segundo orden MFB sólo permite el paso de una banda de frecuencias y atenúa todas las demás. Está compuesto por siete elementos, dos capacitores, cuatro resistencias y un amplificador operacional op amp. La entrada es por la resistencia R1 y la salida se toma en la salida del amplificador operacional. Se llama MFB por la doble realimentación que presenta el circuito. Se muestra el circuito en la figura 2.

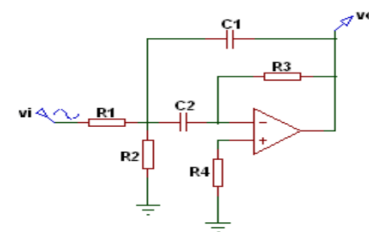


Figura 2 Circuito filtro pasa banda activa de 2do Orden MFB [3]

Un filtro activo pasa bajas de segundo orden MFB, como su nombre sugiere, únicamente permite el paso de frecuencias bajas mientras reduce la amplitud de las frecuencias altas. Este filtro está conformado por siete elementos, que incluyen dos capacitores, cuatro resistencias y un amplificador operacional op amp. El circuito se muestra en la figura 4.

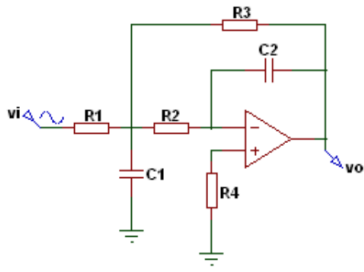


Figura 3 Circuito filtro pasa bajos MFB [4]

Un cuarto sistema con amp ops también se emplea, el cual es un amplificador sumador (véase la figura 4), cuyo funcionamiento vale la pena mencionar. Como los amp op tienen una alta impedancia de entrada, por lo que (teóricamente) no puede entrar una corriente a través de la terminal de entrada inversora (en realidad sí entra una pero es tan diminuta que se puede despreciar). Partiendo de esto se concluye de la figura 4 que

$$i = i_1 + i_2 + i_3. \quad (1)$$

Haciendo uso de la ley de Ohm ($I = \frac{V}{R}$) se establece que:

$$\frac{v_a - v_{sal}}{R_f} = \frac{v_1 - v_a}{R_1} + \frac{v_2 - v_a}{R_2} + \frac{v_3 - v_a}{R_3}. \quad (2)$$

Ahora, debido a que en un amp op hay una diferencia de potencial $\Delta V = 0$ entre las terminales de entrada, nótese que $v_a = v_b = 0$ (porque la terminal de entrada no inversora está conectada a tierra). Entonces la expresión (2) se transforma en:

$$v_{sal} = -\left(\frac{R_f}{R_1}v_1 + \frac{R_f}{R_2}v_2 + \frac{R_f}{R_3}v_3\right), \quad (3)$$

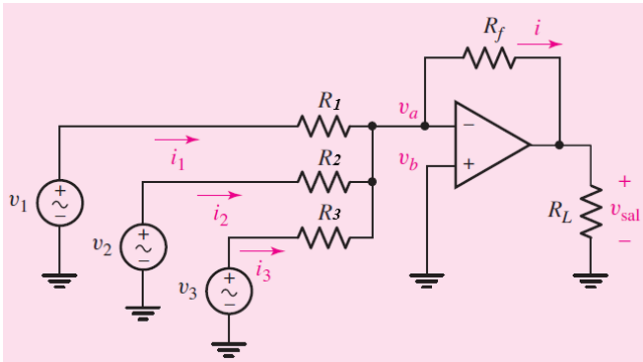


Figura 4 Circuito de un amplificador sumador [1]

Finalmente, además de las recién mencionadas aplicaciones de los amp ops, se emplea un filtro pasivo pasa altas como el de la figura 5, el cual sólo deja pasar frecuencias mayores a una frecuencia de corte determinada (sólo se ocupa un capacitor y una resistencia en serie).

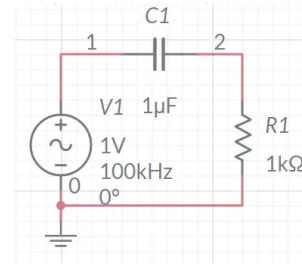


Figura 5 Ejemplo de un filtro pasivo pasa altas [6]

Siendo la frecuencia de corte obtenida con:

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (4)$$

siendo R y C los valores de la resistencia y capacitancia de la figura 5.

III. OBJETIVO

El objetivo principal consistió en la implementación de un sistema ecualizador capaz de filtrar las frecuencias altas, medias y bajas de una señal de audio. Esto, implementando el conocimiento obtenido en las clases de Electrónica Aplicada con respecto a sistemas desarrollados con amplificadores operacionales. Se busca (de manera más específica) implementar un filtro pasa altas con frecuencia de corte de 2000 Hz (para los sonidos agudos), un filtro pasa bajas con frecuencia de corte de 500 Hz (para sonidos graves), un filtro pasa medias con un rango de 500 Hz a 2000 Hz (sonidos medios) y un sumador que adicione en una sola señal las salidas de los filtros anteriores. Todo esto haciendo uso de amplificadores operacionales UA741.

IV. MARCO EXPERIMENTAL

Se realizó primeramente el diseño del sistema deseado, el cual se muestra en la figura 6 (sin contar el voltaje de poder para los amp ops). Nótese que la señal de entrada pasa a través de los tres filtros (pasa bajas, pasa bandas y pasa altas, de arriba hacia abajo respectivamente en la misma figura) para después pasar al circuito sumador. Al final de este último circuito se implementa un sencillo filtro pasivo pasa altas para quitar el DC (señales de corriente directa parásitas involucradas en la señal principal), ajustando una frecuencia de corte de 16 Hz (se propuso este valor para usar valores sencillos de encontrar de la resistencia y el capacitor).

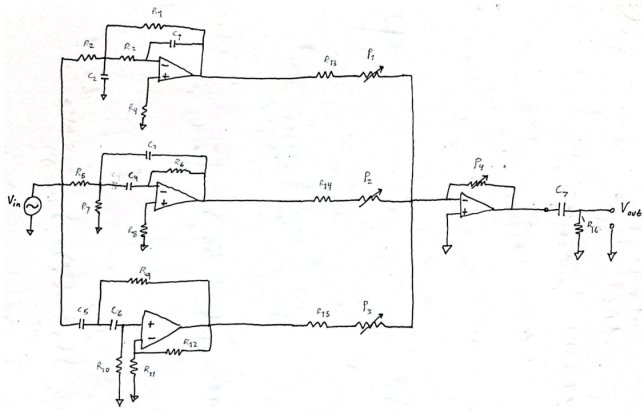


Figura 6 Circuito propuesto que incluye los filtros activos, el sumador y el filtro pasivo. Los filtros activos (en orden de arriba hacia abajo) son: pasa bajas, pasa medias y pasa altas

Lo siguiente fue encontrar los valores ideales para las resistencias y capacitores para poder fijar las frecuencias establecidas previamente. Esto se logró usando un software en línea que realizaba simulaciones de los modelos de filtros activos (mencionados en el apartado de aspectos teóricos). Una vez encontrados, se realizó una simulación en el software LTSpice (véase figura 7) para comprobar su correcto funcionamiento.

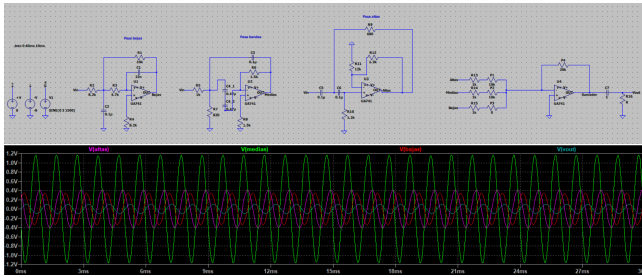


Figura 7 Simulación del sistema ecualizador en LTSpice

Cuando se aseguró que los valores eran los apropiados acorde al comportamiento esperado del sistema, se llevó a cabo la implementación de un prototipo montado en un protoboard, tal como se muestra en la figura 8.

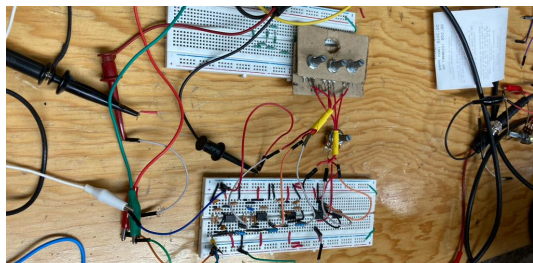


Figura 8 Prototipo del ecualizador en protoboard

A continuación se realizó una caracterización de cada filtro para observar sus funciones de transferencia usando un generador de señales como entrada al sistema. Se obtuvieron los resultados de los gráficos 1a), 1b) y 1c).

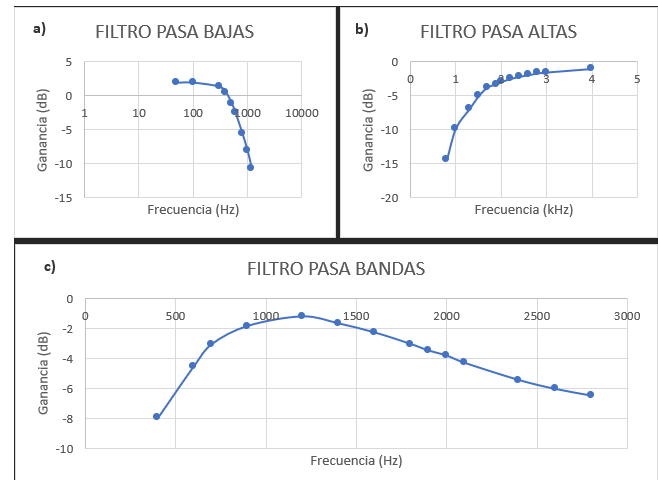


Gráfico 1 Funciones de transferencia de los filtros: a) Pasa bajas, b) Pasa altas y c) Pasa medias

Una vez caracterizados los tres sistemas por separado, se probaron junto al amplificador sumador usando el mismo generador de señales empleando un osciloscopio en la salida y después usando señales de audio con un reproductor MP3 como entrada y una bocina como salida, tal como se ilustra en las figuras 9a), 9b) y 9c).

Después de comprobar su correcto funcionamiento, se realizó la impresión de un PCB para la versión final del ecualizador.

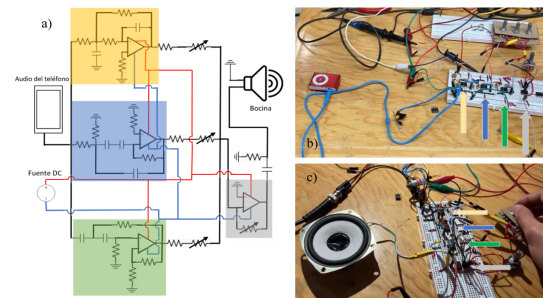


Figura 9 a) Esquema del diseño final del ecualizador, b) Implementación de entrada de audio y c) Implementación de salida de audio

Una vez impreso el PCB, se realizó el proceso de soldadura de cada uno de los elementos para después probar el sistema con las mismas herramientas empleadas anteriormente. Finalmente, como versión final, se posicionó el ecualizador dentro de una caja de madera para mejorar el interfaz para los usuarios (figura 10)

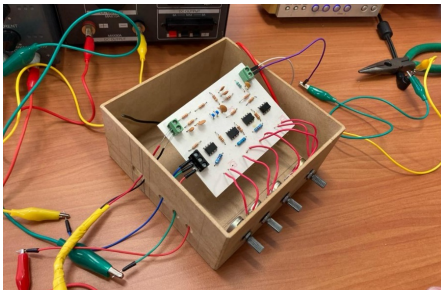


Figura 10 Versión final del ecualizador

V. RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Al sumar las salidas de los diferentes filtros, se combinaron correctamente los efectos de cada filtro para obtener una salida de audio sin ruido y acorde al comportamiento esperado, proporcionando un espectro de sonido equilibrado y adaptado a las necesidades específicas del usuario. Con el filtro pasivo se logró mantener a salvo la bocina de salida de audio en caso de fallar el circuito. El diseño de la PCB también permitió que el tamaño del circuito disminuyera para así confinarlo en una caja para una vista más estética. De esta manera, se concluye que el ecualizador funcionó correctamente cumpliendo con el objetivo del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Hayt, W. H., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. (2019). Análisis de circuitos en Ingeniería. Novena edición. Editorial Mc Graw
- [2] Wilaeba Electrónica (2018), Filtro Pasa altos Activo de 2do Orden Sallen Key FB, de: <https://wilaebaelectronica.blogspot.com/2017/01/filtro-pasa-altos-activo-de-2do-orden-sallen-key.html>
- [3] Wilaeba Electrónica (2018), Filtro Pasa banda Activo de 2do Orden MFB, del sitio web: <https://wilaebaelectronica.blogspot.com/2017/01/filtro-pasa-banda-activo-de-2do-orden-mfb.html>
- [4] Wilaeba Electrónica (2018), Filtro Pasa bajos Activo de 2do Orden MFB, del sitio web: <https://wilaebaelectronica.blogspot.com/2017/01/filtro-pasa-bajos-activo-de-2do-orden-mfb.html>

Reloj Digital Astronómico

Roberto Gómez, Ivan Nieto, Gerardo Aguilera.
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica

Resumen— El reloj, esencialmente es un contador que utiliza una determinada referencia para medir el tiempo que transcurre desde que comienza el conteo o desde un tiempo arbitrario introducido por el usuario; el reloj mide el tiempo en segundos, minutos y horas. Un conteo de 24 horas significa que se ha contado un día, y según el número de días se cuenta 1 mes, finalmente cuando el reloj termina de contar 12 meses, ha transcurrido un año. Un reloj digital, se consigue al realizar divisores de frecuencia de una frecuencia característica como referencia, y al programar determinadas acciones para cada conteo, se puede tener mayor información del entorno a medida que transcurre el conteo del reloj; por esta razón es posible crear un reloj astronómico a partir de un reloj digital. Usando un FPGA Cyclone II y un monitor VGA, se elaboró un reloj digital astronómico utilizando divisores de frecuencia y al monitor para desplegar la información contenida en el reloj.

I. INTRODUCCIÓN

UN reloj digital es un instrumento que permite medir el tiempo utilizando circuitos digitales conocidos como divisores de frecuencia, que permiten obtener la frecuencia deseada a partir de la frecuencia característica de un cristal que oscila en frecuencia de entre 25 y 50 MHz; se hace un contador hasta el número de ciclos de reloj (o el valor de frecuencia) que se necesitan para que transcurra 1 segundo y se utiliza el cambio del bit más significativo para obtener la frecuencia deseada. Particularmente, la tarjeta Cyclone II contiene un reloj de 50 MHz, por lo que se realiza un contador de 0 hasta 49 999 999, cuando se llega a este número ha pasado 1 segundo, por lo que se activa el conteo de un contador que lleva el registro de los segundos, este llega a 60 activando el contador de los minutos y cuando se cumplen 3600 segundos, se registra una hora. El puerto VGA de la FPGA permite visualizar el reloj.

II. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de un reloj digital se basa en el uso de contadores como divisores de frecuencia.

A. Divisores de frecuencia digitales

Los divisores de frecuencia digitales están formados por contadores digitales.

Un contador es un circuito secuencial construido a partir de compuertas lógicas. Al utilizar los n bits del contador se puede realizar un divisor de frecuencia por 2^n , mientras que con un entero arbitrario se consigue un divisor de frecuencia por un factor deseado. La aplicación fundamental de los divisores de frecuencia consiste en reducir una frecuencia de gran magnitud

a una de menor escala. Como se mencionó anteriormente, la frecuencia del reloj de la tarjeta Cyclone II es de 50 MHz, cuando un simple reloj digital solo requiere de un reloj que vaya a 1 Hz de frecuencia, por lo que es necesario reducir el orden del reloj de entrada.

B. Conexión con un monitor mediante VGA

El Video Graphics Array (VGA) es un estándar de interfaz gráfica utilizada para conectar computadoras a monitores o proyectores. El VGA admite una resolución de hasta 640x480 píxeles con 16 colores o 320x200 píxeles con 256 colores. Utiliza una señal analógica para transmitir la información de color y sincronización. Para la conexión entre el FPGA y el monitor se hace uso de señales de sincronización, como lo son sincronización la señal horizontal (HSYNC), vertical (VSYNC), y así como los colores de video (rojo, verde y azul).

Estos tipos de señales se establecen mediante un software que hace como intercomunicador, por ejemplo “Quartus II”.

III. DISEÑO DE UN RELOJ ASTRONÓMICO

A partir de la creación de un divisor de frecuencias para transformar la frecuencia del reloj de la tarjeta, que fue de 50 MHz, a una frecuencia de 1 Hz, se obtiene un contador de segundos; cuando este llega a 9 segundos envía una señal de activación para el contador de las decenas de segundos; de manera similar, cuando se llega al 5 en el contador de las decenas han transcurrido 59 segundos y entonces se envía la señal de activación al contador de las unidades de minuto; se realiza un proceso similar al anterior y entonces se puede obtener un reloj de 24 horas.

Se van añadiendo contadores a diferentes frecuencias de tiempo y entonces se pueden contar días, meses e incluso años. Manteniendo la idea de los contadores, es posible presentar información del entorno acorde a un determinado número de conteos; por esta razón podemos utilizar el reloj para desplegar información de las constelaciones, la posición del Sol, Luna como el reloj astronómico de Praga.

El reloj digital implementado desplegado en los displays de 7 segmentos de la tarjeta se puede apreciar en la figura 1.

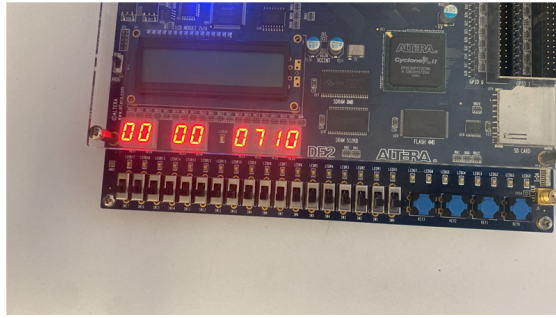


Figura 1. Reloj digital desplegado en el display.

REFERENCIAS

- [1] James O. Hamblen, Tyson S. Hall, Michael D. Furman 2008. RAPID PROTOTYPING OF DIGITAL SYSTEMS SOPC EDITION
- [2] Robert Dueck 2001. Digital Design with CPLD Applications & VHDL

IV. CONCLUSIONES

Se logró implementar un reloj digital capaz de llegar a indicar hasta los días mediante el uso de divisores de frecuencia.

Además se implementó el despliegue en el display de 7 segmentos en el FPGA, y para mejorar el aspecto visual del despliegue de la información, se comenzó a migrar el programa a un monitor mediante el uso de los drivers del VGA de la tarjeta.

Diseño e implementación de un rotor para polarizador óptico

José Francisco Hernández Martínez, Abril Ramírez Pérez, Dr. Miguel Angel Lastras, Dr. Luis Felipe Lastras, Dra. Lucy Estafania Tapia.

Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP.

Resumen—La implementación de métodos de caracterización de materiales a través de métodos ópticos de espectroscopia constituye un sistema fundamental para poder comprender la naturaleza de la materia, más en concreto aquella de carácter cristalina.

Con el objetivo de mejorar la precisión y la eficiencia en las técnicas espectroscópicas, particularmente en la elipsometría y reflectancia diferencial, el proyecto se centra en la implementación de un motor brushless equipado con sensores hall para la rotación de un polarizador óptico. Al realizar elipsometría se analizan las propiedades elípticas de la luz que viene de una muestra, para esto se colocará un polarizador en el centro del rotor.

Abstract—The implementation of materials characterization methods through optical spectroscopy constitutes a fundamental system to understand the nature of matter, more specifically that of crystalline nature.

With the aim of improving the precision and efficiency in spectroscopic techniques, particularly in ellipsometry and differential reflectance, the project focuses on the implementation of a brushless motor equipped with hall sensors for the rotation of an optical polarizer. When performing ellipsometry, the elliptical properties of the light coming from a sample will be analyzed; for this, a polarizer will be placed in the center of the rotor.

I. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de técnicas espectroscópicas como la reflectancia diferencial y la elipsometría son útiles a la hora de caracterizar materiales y estudiar las propiedades ópticas y la estructura superficial de los materiales.

La elipsometría espectroscópica es una de las técnicas más utilizadas para medir el cambio en el estado de polarización de la luz al reflejarse en una superficie de modo que no es destructiva, sin contacto y no invasiva, basándose en el cambio en el estado de la polarización de la luz cuando se refleja oblicuamente en una muestra de una película delgada [1].

A su vez la reflectancia diferencial permite medir la diferencia en intensidad de luz por una muestra en comparación con una superficie de referencia permitiendo identificar variaciones sutiles en la superficie de la muestra [2].

Las aplicaciones de la espectroscopia han permitido desarrollar una gran variedad de dispositivos electrónicos gracias a la caracterización al momento de fabricar pozos

cuánticos para el estudio de la interacción de luz-materia [3]. Muchas de las técnicas espectroscópicas permiten el diseño de dispositivos optoelectrónicos.

Uno de los inconvenientes al querer medir elipsometría, es que debe de ser muy precisa la alineación del camino óptico, así como el rotor que contiene el polarizador, para ello es necesario diseñar un sistema el cual permita tener estabilidad en la rotación del polarizador, así como el camino óptico a seguir, el presente proyecto tiene objetivo de implementar un rotor donde permita medir el nivel de polarización de un material, se utilizara más en concreto en un motor brushless, donde se puede mapear con precisión el número de vueltas que lleva el motor, esto con la finalidad de incorporarse al sistema de espectroscopia.

II. SISTEMA DE ELIPSOMETRIA

El laboratorio de espectroscopia tiene como finalidad poder medir cualquier técnica óptica relacionada con la luz y la caracterización de materiales, para implementar la técnica de elipsometría.

El diseño del sistema de elipsometría consiste en una lámpara de xenón o tungsteno la cual ingresa a un monocromador, permitiendo detectar distintas longitudes de onda para posteriormente poder ingresar a un polarizador y un retardador a modo de filtro, esto con la finalidad de que se refleje en la muestra a estudiar.

Posterior a eso, la reflexión de la luz emitida por la muestra ingresa por el analizador rotante, que en este caso es el motor brushless para finalmente llegar al fotodetector. (véase la figura 1).

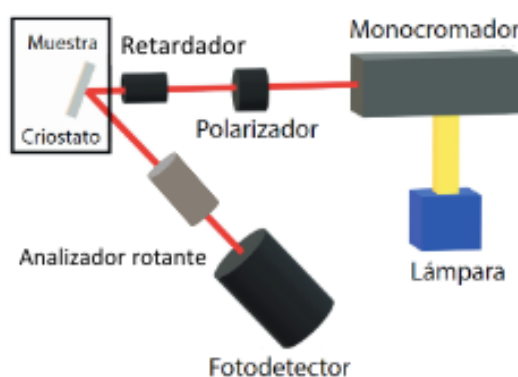


Fig.1. Diagrama del sistema de elipsometría

Los inconvenientes que presenta el sistema de elipsometría, como se mencionó anteriormente, es que el analizador rotante requiere de un sistema estable el cual permita mantener una velocidad de giro constante, así como la capacidad de un circuito integrado el cual facilite el

acoplamiento al sistema y permita mapear el número de vueltas para ir cambiando la longitud de onda del monocromador.

La propuesta de mejora es rediseñar el analizador rotante enfocados en el modelo de funcionamiento del motor brushless, así como la implementación de circuitos lógicos biestables capaces de poder almacenar datos en el tiempo, así como amplificadores operacionales, logrando filtrar y limpiar la señal para obtener estabilidad.

III. IMPLEMENTACION DEL MOTOR BRUSHLEES

El analizador rotante consta de un motor brushless de corriente continua con tres sensores hall y seis imanes, de manera que al rotar nos permite conocer el cambio en el campo magnético permitiendo conocer su velocidad y el número de vueltas (véase figura 2).

Para que el motor funcione es necesario diseñar tres circuitos los cuales están destinados a obtener las señales de los sensores hall, un circuito para modular las vueltas del motor utilizando señales PWM y un circuito secuencial el cual obtenga una señal cuadrada con la frecuencia de rotación del motor, esto para que se conecte con el sistema de espectroscopia.

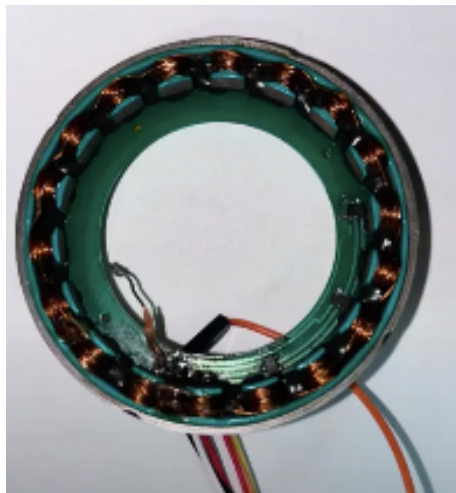


Fig.2. Parte interna del motor brushless

El circuito diseñado para las señales de los sensores hall consiste principalmente en un amplificador operacional “Schmitt Trigger” (véase figura 3), proporciona dos niveles de umbral, uno alto y uno bajo, esto permite al circuito solo tomar valores que sean el máximo voltaje de umbral como una salida booleana con valor 1 y debajo de este voltaje como 0 [4].

La implementación de este circuito permite filtrar cualquier tipo de ruido generado por los sensores hall, ya sea por voltajes parasitarios o cualquier tipo de vibración externa que genere el motor.

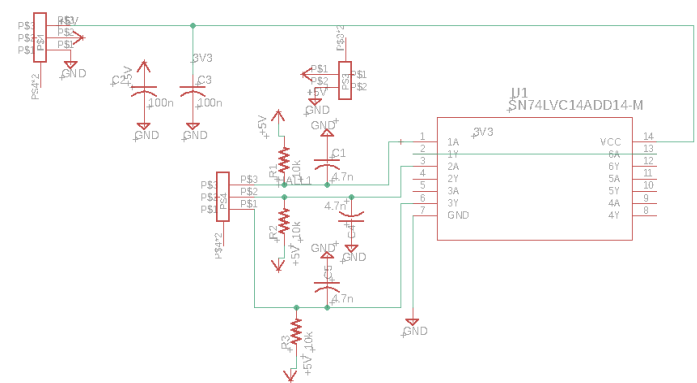


Fig.3a. Esquemático del circuito para leer los sensores brushless

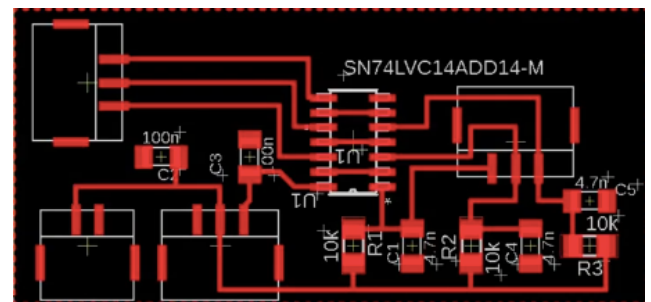


Fig.3b. Diseño Final del circuito para grabar en PCB



Fig.3c. Diseño Final del PCB

Se optó por utilizar componentes de montura superficial para evitar cualquier tipo de ruido relacionado por la distancia de conexión de los componentes a la placa, así como el diseño de una placa que se adapte a la estructura del motor, acuda a la figura 3c para ver el resultado final del circuito.

Para el control de la velocidad del motor se implementó un programa en Arduino, el cual permite el control de las vueltas a través de señales PWM, el circuito encargado de la potencia consiste en un gate driver IR2104 el cual tiene como función controlar la potencia de dos transistores de tipo MOSFET, esto para la potencia requerida de cada fase del motor (véase en la figura 4a el diagrama del circuito).

El motor cuenta con tres fases, correspondientes a cada sensor hall, permitiendo la conmutación entre el lado alto y el lado bajo. La velocidad del motor es controlado por un potenciómetro de 10k y este es logrado gracias a la técnica PWM.

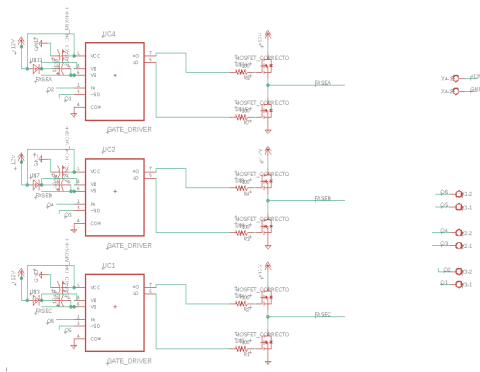


Fig.4a.Circuito controlador de Fases

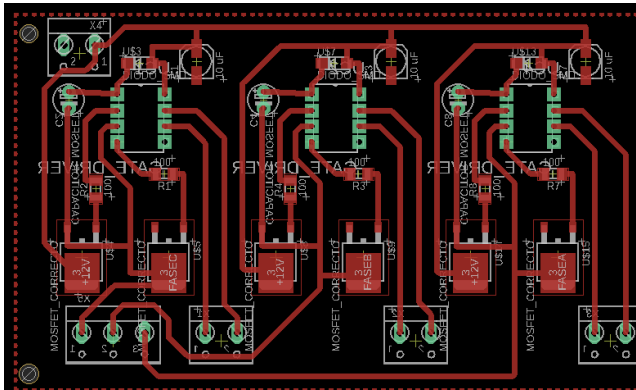


Fig.4b.Diseño final PCB controlador de fases

Dentro del sistema de espectroscopia es necesario tener una señal cuadrada con la frecuencia de rotación del motor, ya que este será necesario para poder estar unido a un Lock-In, para ello se optó por implementar un circuito secuencial que consta de dos “FlipFlops” de tipo D y una compuerta not, de modo que se puede obtener una señal cuadrada por cada vuelta que realiza el motor (véase figura 5a diseño del circuito secuencial).

El resultado observado al medir las vueltas con respecto a señales de los halls es que por cada vuelta que da el rotor, se tiene un pulso de 5v permitiendo adaptar todo el circuito al sistema de espectroscopia. (vease figura 5b).

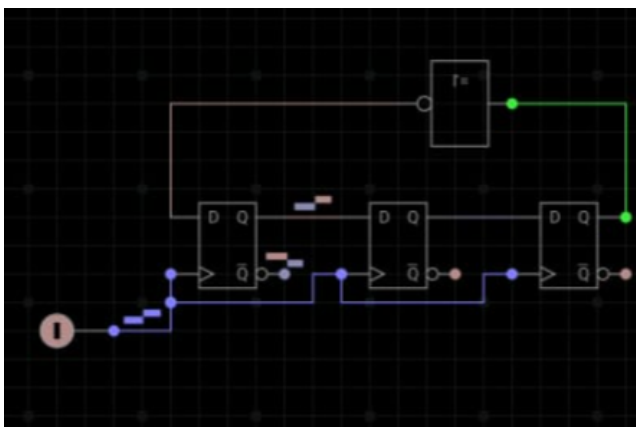


Fig.5a.Diseño del circuito secuencial

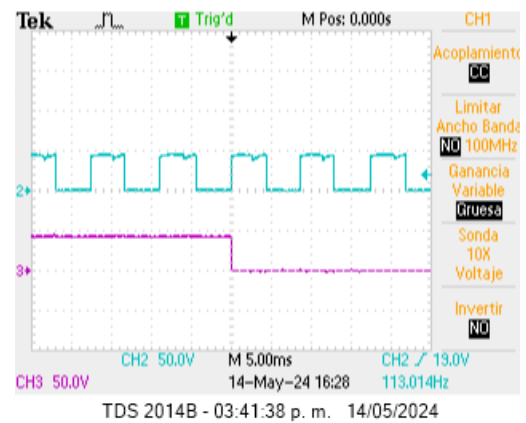


Fig.5b.Salida de los FlipFlops

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios a la hora de medir las señales de los halls, el circuito relacionado con la potencia y el circuito secuencial que se utilizó para incorporar el rotor al sistema de espectroscopia. Los inconvenientes que presentaba previamente el circuito se debían a que la señal al momento de medir presentaba ruidos parásitos, en contraste con el circuito que se destinaba a la potencia y al giro del motor, este tendía a calentarse mucho, la adaptación de componentes de montura superficial hizo una diferencia, ya que el rotor se mantiene constante de modo que las medidas pueden dejarse por horas dado a que el sistema está automatizado.

En la figura 6 se presentan los resultados al medir las señales de los sensores halls, ya que estos muestran el funcionamiento de los amplificadores operacionales, esto permite que los pulsos sean constantes y la incorporación a todo el sistema sea eficiente.

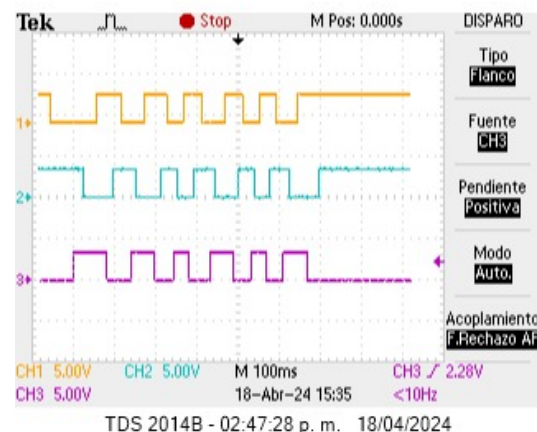


Fig.6.Medidas de los sensores hall

REFERENCIAS

- [1] Spectroscopic Ellipsometry: Basic Concepts HORIBA. (s. f.).<https://www.horiba.com/usa/scientific/technologies/spectroscopic-ellipsometry/spectroscopic-ellipsometry/>
- [2] Shwe, C. (1992). Differential reflectance spectroscopy of semiconductors (Doctoral dissertation, UNSW Sydney).
- [3] Tapia-Rodríguez, L. E., Guevara-Macias, L. E., Lastras-Martínez, A., & Lastras-Martínez, L. F. (2023). Fabricación y caracterización de pozos cuánticos para el estudio de la interacción luz-materia. *CienciaUAT*, 17(2), 6-23.
- [4] Schmitt Trigger: Que es y para que sirve, Daniel Carrasco (2020). <https://www.electrosoftcloud.com/schmitt-trigger-que-es/>

Detección de objetos y encriptación mediante herramientas de visión y redes neuronales

López Soler R., Flores Amaro A. A.

Resumen— Se implementa un programa el cual, mediante el aprovechamiento de una cámara, herramientas de visión y de redes neuronales, sea capaz de detectar características y patrones específicos dentro de una imagen y, de esta manera, reconocer los objetos presentes en la imagen. Una vez hecho esto, se busca una manera de proporcionar seguridad a la información almacenada dentro de la imagen, por lo que se buscará implementar de igual manera un método de encriptación a los objetos previamente mencionados.

I. INTRODUCCIÓN

EL programa está implementado en el software de ingeniería labview. Ya que se busca obtener una imagen la cual se pueda procesar para de esta manera obtener los datos requeridos para poder identificar objetos, se hizo uso de una herramienta que permite delimitar un área específica dentro de una imagen con el fin de realizar un análisis más detallado. Dentro de labview la función region of interest (ROI) describe una o múltiples regiones de una imagen en las cuales es posible realizar un análisis.

A su vez, dentro de las regiones de interés, se requiere un criterio para saber qué conjunto de características pertenecen a un objeto y lo hacen diferenciable de otros, para lo cual se hizo uso de una red neuronal convolucional, las cuales pueden tener decenas o cientos de capas, y cada una de ellas aprende a detectar diferentes características de una imagen. Se aplican filtros a las imágenes de entrenamiento con distintas resoluciones, y la salida resultante de convolucionar cada imagen se emplea como entrada para la siguiente capa. Los filtros pueden comenzar como características muy simples, tales como brillo y bordes, e ir creciendo en complejidad hasta convertirse en características que definen el objeto de forma singular.

Cargando entonces una red neuronal ya entrenada al programa, y con la finalidad de realizar la encriptación de cada uno de los objetos detectados en la imagen, se hizo uso de los autómatas celulares, los cuales no más que un modelo matemático para un sistema dinámico compuesto por un conjunto de celdas o células que adquieren distintos estados o valores. Estos estados son alterados de un instante a otro en unidades de tiempo discreto, es decir, que se puede cuantificar con valores enteros a intervalos regulares. De esta manera este conjunto de células logra una evolución según una determinada expresión matemática, que es sensible a los estados de las

células vecinas, y que se conoce como regla de transición local.

De esta manera, fue posible detectar objetos dentro de una imagen dada, así como encriptar y desencriptar dichos objetos a voluntad del usuario.

II. MARCO TEÓRICO

El mundo actual ha logrado muchos avances, uno de los muchos avances tecnológicos son las inteligencias artificiales, dentro de esta rama de la ciencia, existen subramas que se enfocan en distintos problemas, los problemas de clasificación y detección de objetos forman parte del aprendizaje automático y en el caso que abordamos, nos adentramos a otra subrama llamada aprendizaje profundo, estos problemas se enfocan en la misma detección de atributos o características de nuestros datos.

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son modelos que constan de dos partes, las capas convolucionales y la red neuronal. La capa convolucional opera directamente con las imágenes, haciendo la operación convolucional a toda la imagen de manera que extrae bordes obteniendo matrices de píxeles de menor tamaño, posteriormente se opta por hacer una reducción utilizando la técnica max-pooling donde se necesita determinar un tamaño de ventana del filtro y un stride que es un valor indicador de los pasos que se harán en el filtrado de la imagen.

De esta forma nosotros podremos definir ciertas capas que reducirán nuestra imagen a una matriz de componentes que posteriormente se convierten en vectores que entraran en nuestra red neuronal full connected para hacer la clasificación correspondiente, en este caso también se necesita introducir las coordenadas de nuestros objetos de interés para que aparte de poder clasificar pueda detectar la posición del objeto de interés dentro de la imagen.

Obteniendo nuestra zona de interés se prosigue a la encriptación basada en la sincronización de celulares autómatas. Un autómata celular es un modelo matemático para un sistema dinámico, compuesto por un conjunto de celdas o células que adquieren distintos estados o valores. Estos estados son alterados de un instante a otro en unidades de tiempo discreto, es decir, que se puede cuantificar con valores enteros a intervalos regulares. De esta manera este conjunto de células logra una evolución según una determinada expresión matemática, que es sensible a los estados de las células vecinas,

la cual se le conoce como regla de transición local.[4]

Para nuestra encriptación, necesitamos 8 bits, que para los tres colores, son 32 bits necesitamos generar a partir de 8 funciones generadas por dos entradas iniciales que son el resultado de dejar pasar ocho tiempos dentro de nuestro sistema celular. Las funciones generaran valores en bits que al operar un xor con nuestro pixel obtendremos un pixel encriptado, seguiremos este proceso para todos los pixeles que se encuentren en nuestro rectángulo de la zona de interés.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Software de ingeniería labview: Para el desarrollo de un programa capaz de procesar imágenes.
2. Cámara de video en tiempo real: Para obtener la imagen a ser procesada a partir de los objetos presentes en el entorno de trabajo.
3. Red neuronal convolucional pre entrenada: Para identificar y reconocer las características específicas de un objeto que lo hacen diferenciable de otros.
4. Autómatas celulares: Para obtener una serie de ecuaciones tal que, al ser aplicadas a los bits de la imagen, éstos tengan un cambio en sus valores.
5. Imágenes/Objetos diversos: Para tener referencias de las cosas que se desea detectar y encriptar dentro de los parámetros establecidos por la red neuronal pre entrenada.

IV. FIGURAS Y DIAGRAMAS



Fig 1. Diagrama de flujo del programa

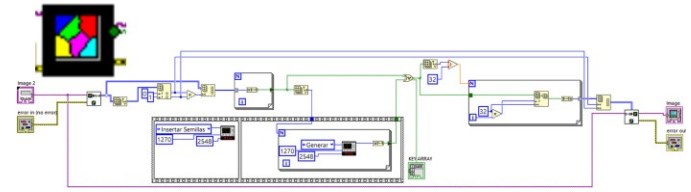


Fig 2. Sub-vi que se encarga de generar la llave encriptadora y opera ésta con el pixel de la imagen.

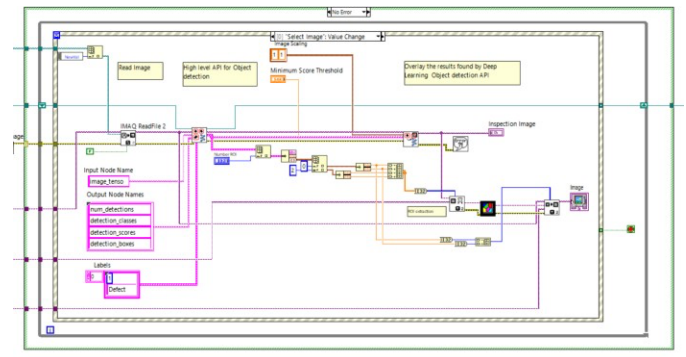


Fig 3. Diagrama completo del programa que se encarga de cargar un modelo para la detección de objetos y posteriormente extraer la zona de interés para posteriormente encriptarla.

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras la implementación y correcta estructuración de todas las herramientas propuestas (redes neuronales, autómatas celulares, etc.) fue posible detectar distintos tipos de objetos a partir de una imagen dada. De igual manera, se logró tener control sobre la encriptación de los distintos grupos de objetos a voluntad del usuario, de tal manera que, en caso de contar con un más de un conjunto de objetos dentro de la imagen, sólo uno de estos sería encriptado dependiendo de las preferencias establecidas por el usuario.

REFERENCIAS

- [1] National Instruments. (2023). Regions of Interest. Recuperado el 24, 05, 2024, de https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/ni-vision-concepts-help/page/regions_of_interest.html#:~:text=An%20ROI%20describes%20a%20region,supports%20the%20following%20contour%20types.&text=You%20can%20define%20an%20ROI%20interactively%2C%20programmatically,or%20with%20an%20image%20mask.
- [2] MathWorks. (2024). ¿Qué son las redes neuronales convolucionales? Recuperado el 24, 05, 2024, de <https://la.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-network.html>
- [3] Universidad de Sevilla. (2024). Autómatas Celulares. Recuperado el 24, 05, 2024, de https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Automatas_Celulares.md.html
- [4] Reyes Gómez, David Alejandro. Descripción y aplicación de celulares autómatas. (2011). Recuperado el 26,05,2024